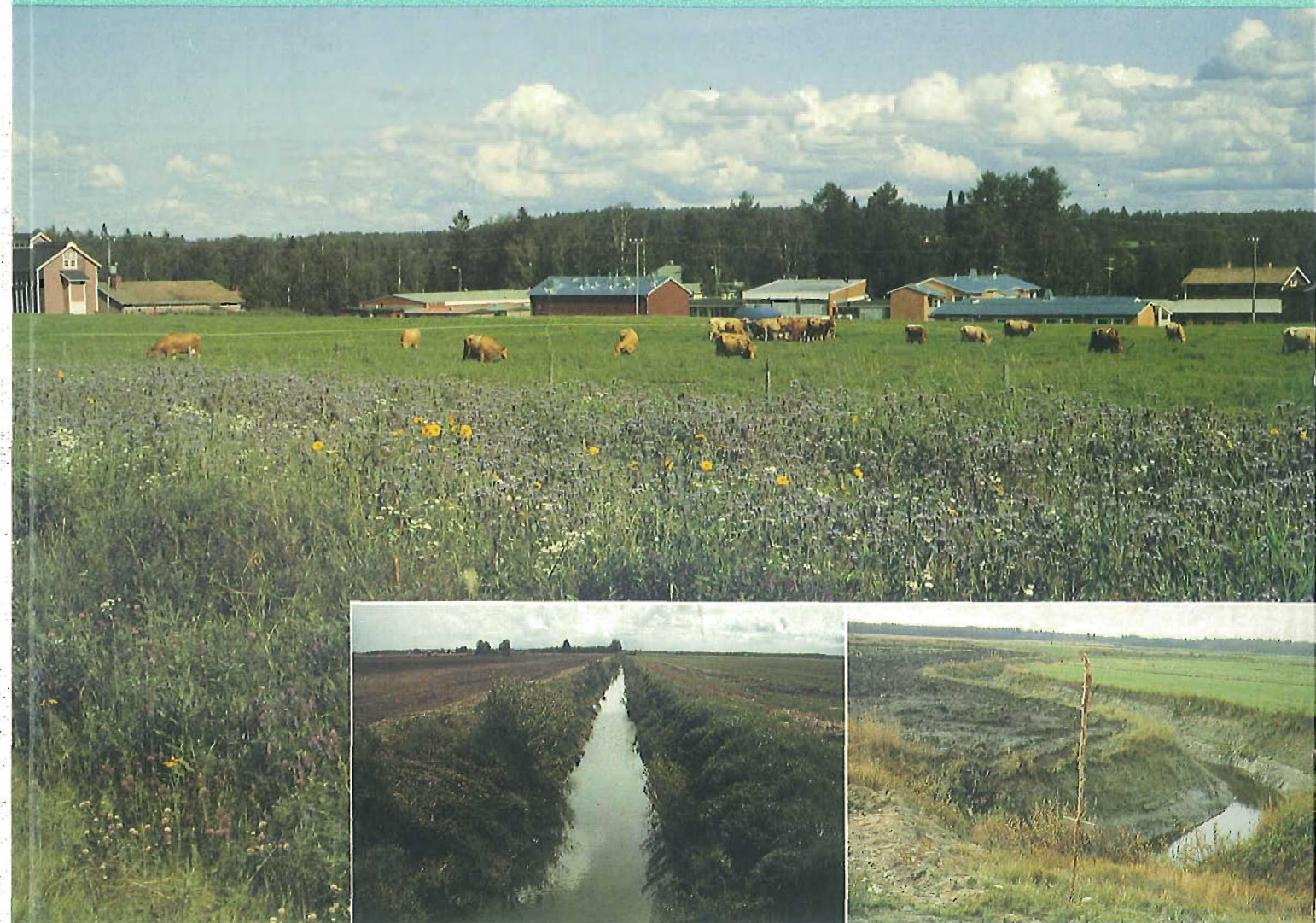


199



EERO MERILÄ

SUOMEN PELTOJEN PERUSKUIVATUKSEN TILA JA TARVE

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS
OULUN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI
Helsinki 1995

199

EERO MERILÄ

SUOMEN PELTOJEN PERUSKUIVATUKSEN TILA JA TARVE

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS
OULUN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI
Helsinki 1995

Etukannen kuvat: Suomalaista maalaismaisemaa (iso kuva)
Valtaoja halkoo maisemaa (pieni kuva vasemmalla)
Vastakaivettu valtaoja (pieni kuva oikealla)
Kuvat: Esko Riipinen ja Hannu Arola

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota
vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:
Painatuskeskus Oy, PL 516, 00101 Helsinki
puh. (90) 566 0266

ISBN 951-47-9849-X
ISSN 0786-9592

Helsinki 1995

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus
Oulun vesi- ja ympäristöpiiri

Julkaisun päivämäärä
Marraskuu 1994

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)
Eero Merilä

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Suomen peltojen peruskuivatuksen tila ja tarve
(Tillstånd och behov av basdränningen i finska åkrar)

Julkaisun laji
Lisensiaatintyö

Toimeksiantaja

Toimielimen asettamispvm

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Suomen peltojen kuivatustilatutkimuksen tavoitteena oli inventoida peltojen kuivatustila ja arvioida peruskuivatus-tarvetta kuivatukseen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Tutkimustietoja tarvitaan maaseutupolitiikan osana ympäristön hoitoon, rahoitustukeen ja päätöksentekoon.

Suomen peltojen kuivatustilaa on tutkittu aikaisemmin vuonna 1956 (Juusela ja Wäre). Tutkimus perustui otantaan, jossa yksi tutkimuspiste edusti noin 1000 ha peltoa. Tämän tutkimuksen otanta käsitti 1065 pistettä. Yksi tutkimus-piste edusti siis noin 2000 ha peltoa. Otanta toteutettiin peltoaloihin painotettuna.

Peruskuivatusten ikä, laskettuna viimeisestä kunnostustyöstä, oli alle 10 vuotta. Suomen pelloista on salaojitettu 53 %. Salaojituksen toimivuuden kannalta liian pieni kuivatussyvyys on kolmasosalla pelloista. Avo-ojitetuilla pelloilla kuivatussyvyys oli liian pieni 12 % pelloista. Laskennallinen kuivatussyvyys oli keskimäärin 1,46 m, mediaani-arvon ollessa 1,29 m (tutkimuspiste A). Vastaavasti kemiallinen kuivatussyvyys oli 1,41 m, mediaaniarvon ollessa 1,40 m. Valtaojien kunto oli hyvä 65 % tapauksista. Huonossa kunnossa oli kasvillisuuden mukaan arvioituna 26 % valtaojista. Valtaojien kunnossapitoon tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Tulvivia valtaojia oli haastattelun mukaan 9 %.

Valtaojien suojakaistoja (mediaaniarvo 0,50 m) tulisi leventää vähintään kaksinkertaisiksi. Eroosio-ongelmat keskittyvät Etelä- ja Länsi-Suomeen. Metsäojituksen lieittävä vaikutus ei näkynyt selvästi tuloksissa.

Valtaojien syvyys oli kasvanut vuodesta 1956 0,50 metrillä eli 0,62 metristä 1,10 metriin. Peruskuivatusten pääoma-arvon arvioidaan olevan 3–4 mrd.mk. Niiden kunnossapidosta kannattaa huolehtia. Peltojen peruskuivatustarve on suuri 150 000 ha:n alueella. Lisäksi kunnossapidon tehostamista tarvitaan vähintään samansuuruisella alueella. Peruskuivatukseen tarvitaan 500 milj.mk, jotta suuressa kuivatustarpeessa olevien peltojen valtaojitus saadaan kuntoon. Vuotuinen rahoitustarve on 40–50 milj.mk. Tukea valtion toteuttamiin peruskuivatuksiin tulisi lisätä 3–4-kertaiseksi.

Asiasanat (avainsanat)

Peruskuivatus, peltojen kuivatustila, kuivatustarve, kuivatussyvyys, valtaojien toimivuus

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja
– sarja A 199

ISBN

951-47-9849-X

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

115

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Painatuskeskus Oy
PL 516, 00101 Helsinki

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250, 00101 Helsinki

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare
Vatten- och miljöstyrelsen
Uleåborgs vatten- och miljödistrikt

Utgivningsdatum
November 1994

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)
Eero Merilä

Publikation (även den finska titeln)
Tillstånd och behov av basdräneringen i finska åkrar
(Suomen peltojen peruskuivatuksen tila ja tarve)

Typ av publikation
Lisentiatspecimen

Uppdragsgivare

Datum för tillsättandet av organet

Publikationens delar

Referat

Syftet av basdräneringsforskningen inom finska åkrar var att inventera tillståndet av basdräneringen samt värdera dräneringsbehovet på grund av de faktorerna som påverkar den. Kunskapen behövs för miljövard, finansieringsstöd och för fattande av beslut som en del av landsortspolitik.

Tillståndet av basdräneringen i finska åkrar har tidigare undersökts år 1956 (Juusela och Wäre). Forskningen baserade till stickproven, varje provpunkt företrädde åkerareal av 1000 ha. Stickproven inom den här forskningen omfattade 1065 punkter. Ett stickprov företrädde alltså cirka 2000 ha åkerareal. Stickprovet genomfördes proportionerad efter åkerarealer.

Åldern av basdräneringen efter senaste istandsättningen var mindre än 10 år. 53 procent av finska åkrar har täckdikats, men en tredjedel av dessa fungerar inte bra för de har för litet dikningsdjup. I åkrar med dikesdräneringen är dikningsdjupet för litet i 12 % av åkrar. Kalkylerat dikningsdjup var cirka 1,46 m och medianvärde var 1,29 m (forskningspunkten A). Proportionsvis var det kemiska dikningsdjupet 1,41 m och medianvärde var 1,40 m. Tillståndet av stamdikarna var bra i 65 % av alla. Värderad efter vegetationen var 26 % av stamdikarna i dåligt skick. Skötseln av stamdiken ses viktigt. Översvämmande stamdiken fanns efter intervjun 9 %. Skyddsområden vid stamdiken (medianvärde 0,5 m) skulle utvidgas minst dubbelt. Problemen med erosion är placerade i södra och västra Finland. Slamningen i samband med skogsdikningar kan inte se klart i resultaten.

Djupet av stamdiken har tillväxt från året 1956 med 0,5 m eller från 0,62 m till 1,10 m. Kapitalvärdet av basdräneringar värderas till 3–4 mrd mk. De är alltså värda att underhålla. Behovet att basdränera åkrar är stort på åmrådet av 150 000 ha. Därtill behövs en mera effektiv dränering på minst lika stor areal. För att underhålla stamdikningen i åkrar med stort dikningsbehov behövs cirka 500 milj. mk. Årligt behov är 40–50 milj. mk. Det stödet borde ökas tre-fyrafaldigt.

Sakord (nyckelord)

Basdränering, tillståndet av basdräneringen i åkrar, dräneringsbehov, dikningsdjup, tillståndet av stamdikning

Övriga uppgifter

Seriens namn och nummer
Vatten- och miljöförvaltningens publikationer
– serie A 199

ISBN
951-47-9849-X

ISSN
0786-9592

Sidantal
115

Språk
Finska

Pris

Sekretessgrad
Offentlig

Distribution
Tryckericentralen Ab
PB 516, FIN-00101 Helsingfors

Förlag
Vatten- och miljöstyrelsen
PB 250, FIN-00101 Helsingfors

DOCUMENTATION PAGE

Published by
National Board of Waters and the Environment
Oulu Water and Environment District

Date of publication
November 1994

Author(s)
Eero Merilä

Title of publication
The State and Need of Main Drainage in Finnish Cultivated Land

Type of publication
Licenciate Thesis

Commissioned by

Parts of publication

Abstract

The aim of the study on state of drainage of the Finnish cultivated land was to make an inventory on the drainage state of the cultivated land and to estimate the need for main drainage based on factors affecting it. The results of the study are needed as a part of agricultural policy for environmental management, subsidy and decision making.

The state of drainage of Finnish cultivated land has been investigated earlier in 1956 (Juusela and Wäre). The study was based on sampling, where one research point stood for an area of some 1000 hectares of cultivated land. The sampling of the present study covered 1065 points. One point therefore represented an area of 2000 hectares. The sampling was weighted by the area of cultivated land.

The age of the main drainage, calculated as the time from latest renovation, was less than 10 years. 53 % of the cultivated land has subsurface drainage. For this drainage to work, one third of the cultivated land had too small drainage depth. In ditch drained land, the drainage depth was too small in 12 % of the area investigated. The computational drainage depth was 1.46 meters on the average, with a median value of 1.29 meters (study point A). The chemical drainage depth, respectively, was 1.41 meters with a median value of 1.40 meters. The condition of main ditches was good in 65 % of the cases. According to evaluation based on vegetation, 26 % of the main ditches were in poor condition. More attention should be paid to maintenance of the main ditches. According to interviews, 9 % of the main ditches suffered from flooding. The width of the shielding buffer strips on the main ditches (median value of 0.50 meters) should be at least doubled. The erosion problems were concentrated on southern and western Finland. The silting effects of the forest drainage were not evident in the results. The depth of the main ditches has increased by 0.5 meters from 1956, i.e., from 0.62 to 1.10 meters. The capital investment in main draining is estimated to be 3 – 4 milliard marks. It is, therefore, worth taking care of their maintenance. The need for main draining of cultivated land was large in an area of 150 000 hectares. In addition, more effective maintenance is needed for at least an equally large area. A sum of 500 million marks is required for main draining to accomplish the main ditching of the cultivated land in greatest need of draining. The annual required financing is 40 to 50 million marks. The financing for state initiated main draining should be increased three- or fourfold.

Keywords

Main drainage, drainage state of the cultivated land, need for main drainage, drainage depth, the condition of main ditches

Other information

Series (key title and no.)
Publications of the Water and Environment
Administration – series A 199

ISBN
951-47-9849-X

ISSN
0786-9592

Pages
115

Language
Finnish

Price

Confidentiality
Public

Distributed by
Painatuskeskus
P.O. Box 516, FIN-00101 Helsinki, Finland

Publisher
National Board of Waters and the Environment
P.O. Box 250, FIN-00101 Helsinki, Finland

ALKUSANAT

Suomen peltojen kuivatustilatutkimus on osa Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 1988 asettamaa maatalous ja vesienkuormittuminen – yhteistutkimusprojektia, MAVEROa. Suomen peltojen kuivatustilatutkimuksen tavoitteena on tutkia peltojemme kuivatustilaa ja kuivatustarvetta kasvien kasvuolosuhteiden ja viljelytekniikan kannalta. Lisäksi tutkitaan em. tekijöiden merkitystä vesiensuojelun kannalta.

Peruskuivatus on perusta paikalliskuivatukselle. Tämä tutkimus, jossa selvitetään peruskuivatuksen tilaa, toimivuutta ja tarvetta koko Suomessa, on osa edellä mainittua kuivatustilatutkimusta. Tutkimusta ovat rahoittaneet ympäristöministeriö sekä maa- ja metsätalousministeriö.

Tutkimus toteutettiin Suomen peltojen kuivatustilaselvityksen osaprojektina. Projektin vastuullinen johtaja oli agronomi Markku Puustinen. Osaprojektia varten muodostettiin tekninen tukiryhmä, johon kuuluivat puheenjohtajana tekn.tri Pertti Seuna, toimistöpäällikkö Lea Kauppi, MMT Seppo Rekolainen ja vanh.ins. Eero Merilä. Asiantuntijana seurantaryhmässä on toiminut DI Ilkka Rein maa- ja metsätalousministeriöstä. Tutkimuksen käytännön toteutukseen, työryhmän työhön ja tulosten käsittelyyn on kiinteästi osallistunut fil.tri Jukka Palko. Tämän tutkimuksen aineisto on tiivistettynä osana em. KUTI-projektia.

Tutkimusten kenttätööt on toteutettu vesi- ja ympäristöpiirien toimesta vuosina 1989 – 1992. Tutkimustulosten käsittelyyn ovat osallistuneet Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä ins. Anita Isotalus, fil.yo Päivi Timonen, tekn. yo Susanna Lähetkangas ja piirtäjä Helena Heikkinen.

Tämä lisensiaattityö on tehty Oulun yliopiston rakentamistekniikan osastolle. Tutkimuksen valvojina ovat olleet tekn.tri Pertti Seuna ja professori Jussi Hooli. Arvokkaita neuvoja ja työhön liittyviä kommentteja ovat antaneet tutkimuspäällikkö Erkki Alasaarela, DI Antti Lehtinen ja tarkastaja Soini Heino. Tutkimustyötä on tukenut Maa- ja vesitekniikan tuki ry. Esitän työn ohjaajille ja muille työssä mukana olleille parhaat kiitokseni.

Oulussa, marraskuussa 1994

Eero Merilä

SISÄLLYS

ALKUSANAT	6
1 JOHDANTO	9
2 KUIVATUSTOIMINNAN KEHITTYMINEN	10
2.1 Yleisiä näkökohtia	10
2.2 Maankuivatuksen vaiheet Suomessa	12
2.3 Peruskuivatusta koskevat tavoitteet ja tutkimukset Suomessa	16
3 MAANKUIVATUKSEN LÄHTÖKOHDAT	18
3.1 Yleisiä näkökohtia	18
3.2 Hydrologia ja vesitalous	20
3.3 Maaperäolosuhteet	26
3.4 Viljelytekniikka	30
3.5 Maankuivatuksen tarve ja tuleva kehitys	31
3.6 Ympäristönsuojelu ja -hoito	33
3.7 Peruskuivatuksen toimivuus ja siihen vaikuttavat muutostekijät	35
4 TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY	42
4.1 Tutkimusaineiston valinta	42
4.2 Tutkimusalueita koskevat tiedot	47
4.3 Aineiston käsittely	49
5 TUTKIMUKSEN TULOKSET	55
5.1 Valtaojien ikä	55
5.2 Valtaojien mitat	55
5.3 Tekninen kuivavara	57
5.4 Kemiallinen kuivatussyvyys	60
5.5 Valtaojien kunto	61
5.6 Kuivatushäiriöt	64
5.7 Kuivatusparametrien väliset vuorosuhteet	66
6 TULOSTEN TARKASTELU	70
6.1 Peruskuivatuksen tila	70
6.2 Peruskuivatuksen tarve	73
6.3 Kuivatustilassa tapahtuneet muutokset	76
6.4 Tutkimustulosten edustavuus	79
7 YHTEENVETO	85
KIRJALLISUUS	87

LIITTEET

- 1 Vuoden keskisadanta ja -haihdunta sekä keskivalunta
- 2 Peltojen kuivatustilatutkimus / kenttätutkimuslomake
- 3 Peltojen kuivatustilatutkimus / haastattelulomake
- 4 Kenttätutkimuslomakkeen täyttöohjeet
- 5 Peltojen kuivatustilatutkimuksen ja Cowanin menetelmän vastaavuus
- 6 Uoman virtausvastuskertoimen määrittämisen vaiheet
- 7 Kuivatussyvyydet aktiivitiloilla peltosuuruusluokan mukaan
- 8 Kuivatussyvyydet passiivitiloilla peltosuuruusluokan mukaan
- 9 Laskennallinen vajaakuivatus
- 10 Valtaojien vierialueiden eroosioherkkyys
- 11 Ote maatilahallituksen peruskuivatuksia koskevasta vuositilastosta (1980 – 1993)
- 12 Maaperän vesitaseen vaihtelu vuosittain kahdessa tutkimuspisteessä sekä kuukausittainen sadanta ja haihdunta ko. alueella tutkimusvuosina 1989, -90, -91
- 13 Käytetty maalajiluokitus ja sen vertailu geotekniseen luokitukseen

1 JOHDANTO

Nykyaikainen tehokas maankäyttö maanviljelyn, metsätalouden ja asutuksen tarpeisiin vaatii tehokkaan kuivatuksen. Peruskuivatuksia on toteutettu maassamme vuoden 1950 jälkeen 1,1 miljoonan hehtaarin alueella. Pellon osuus siitä on noin 40 %. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmä (Maa- ja metsätalousministeriö 1990) on arvioinut, että vuonna 1990 Suomen peltojen peruskuivatustarve oli yhteensä noin 85 000 ha. Arvio perustui silloin vesi- ja ympäristöhallinnossa vireillä olleisiin noin 1 000 kuivatushankkeeseen ja suurelta osin myös valmiisiin suunnitelmiin. Näissä on mukana vain pääosin peltoalueita sisältävät hankkeet. Hankkeiden määrä on viime vuosina hieman laskenut vallitsevan maatalouspolitiikan ja heikon taloustilanteen seurauksena.

Suomi elää paljolti metsätalouden varassa. Metsien tuoton turvaaminen on vaatinut laaja-alaisia metsäojituksia. Niitä on toteutettu noin kuuden miljoonan hehtaarin alueella, joka on puolet soiden ja soistuneiden kankaiden alasta. Ojitusalueet kasvavat puuta 10 miljoonaa kuutiometriä enemmän vuodessa verrattuna luonnontilaiseen. Metsäojitus on vaatinut toimivan peruskuivatusverkoston.

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä vesiensuojelun tavoiteohjelmasta vuoteen 1995 edellytetään maataloudelta suhteellisesti samansuuruista ravinnekuormituksen vähentämistä kuin muiltakin vesistöjen kuormittajilta. Pääosa maatalouden hajakuormituksesta aiheutuu peltoviljelystä, josta suurelta osin puuttuvat oikein mitoitettut ja toimivat vesiensuojelumenetelmät. Koska vesiensuojelutoimenpiteitä maataloudessa tulee laajalti lisätä, myös niihin liittyvää tutkimusta on lisättävä.

Maa- ja metsätalousministeriö asetti vuonna 1988 yhteistutkimusprojektin, MAVE-ROn, maataloudesta vesiin kohdistuvaa kuormitusta ja sen vähentämistä koskevan tutkimuksen tehostamiseksi. Tutkimus toteutettiin vuosina 1988–1992. Projektin tavoitteena oli tutkia maatalouden hajakuormitusta ja mahdollisuuksia sen vähentämiseen, ravinnekuormituksen vesistövaikutuksia, torjunta-aineiden kulkeutumista vesiin ja niiden vaikutuksia vesissä sekä Suomen viljelymaiden vesitaloudellista tilaa.

Kuivatustilaa ja kuivatustarvetta on totuttu tarkastelemaan viljelytekniikan ja tuotannon tehokkuuden näkökulmasta. Kuivatustoiminta ja kuivatusjärjestelmät ovat kuitenkin samoin kuin peltoviljely osa sitä "systeemiä", josta hajakuormitus hydrologisessa kierrossa purkautuu vesistöihin. Peltojen kuivatusta ei enää voida pitää ainoastaan maatalouden kuivatusteknisenä kysymyksenä.

Peruskuivatustilan ja -tarpeen arviointi on tärkeää useasta eri syystä. Valtion hallinnossa tarvitaan tietoa peruskuivatuksen tilasta tulevan kuivatustoiminnan laajuuden arvioimiseksi. Peruskuivatuksen tarve vaikuttaa osaltaan valtion rahoitustuen kohdentamiseen, sen sisältöön ja jakoperusteisiin. Elinkeino-, ympäristö- ja aluepoliittisista syistä tarvitaan ajantasalla olevaa tietoa myöskin kuivatustilanteesta. Ehkä merkittävin näkökohta on kuitenkin maatalouden ympäristövaikutusten arviointi. Peruskuivatuksilla on välillisiä ja välittömiä vaikutuksia hajakuormitukseen ja sen kulkeutumiseen.

Koska salaojittaminen ei laajoilla peltoaloilla ole mahdollista ilman riittävää peruskuivatusta, ovat valtaojitukset ja puronperkaukset myös tältä kannalta katsottuna välttämättömiä. Lähes poikkeuksetta valtaojituksen tavoitteena on kuivatussyvyyden lisääminen salaojituksen mahdollistamiseksi. Peruskuivatuksen tehostaminen on tarpeen myös metsätalouden, tiestön, asutuksen ja turve-energian käytön lisääntymisen vuoksi.

2 KUIVATUSTOIMINNAN KEHITTYMINEN

2.1 Yleisiä näkökohtia

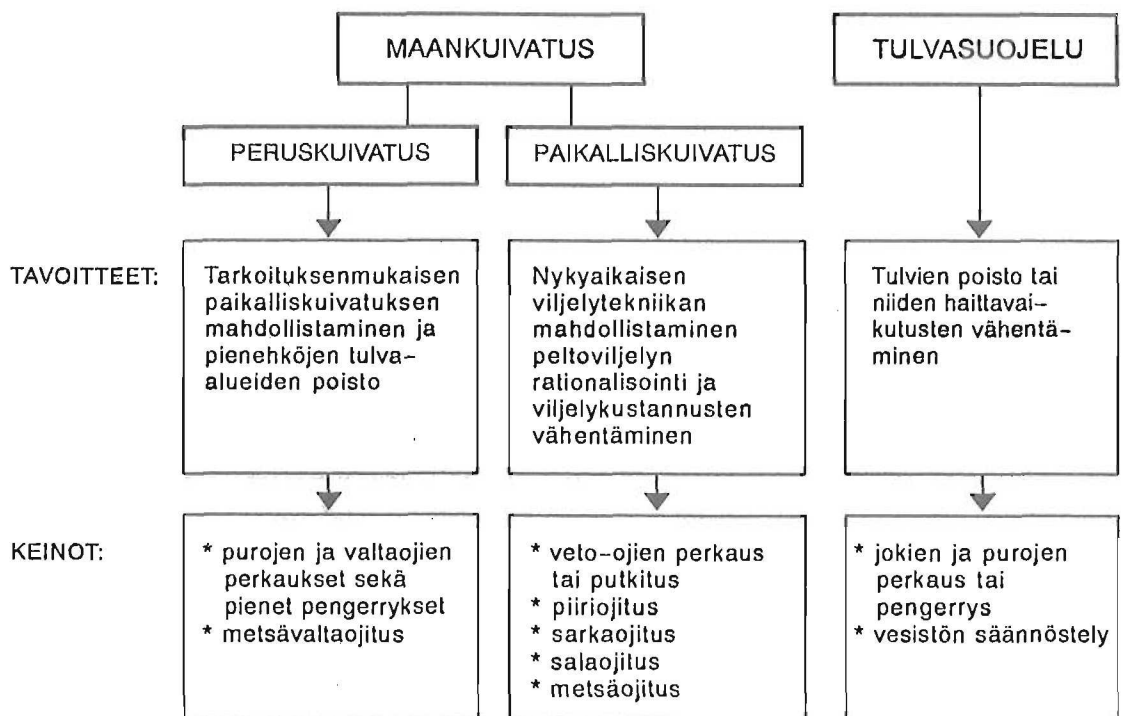
Maankuivatustoiminta voidaan jakaa perus- ja paikalliskuivatukseen. Peruskuivatuksella tarkoitetaan purojen ja valtaojien perkauksia sekä pieniä pengerryksiä. Paikalliskuivatuksia ovat sala-, sarka- ja metsäojitukset (Vesihallitus 1986). Tässä keskitytään käsittelemään maankuivatukseen liittyvää peruskuivatusta. Kuvassa 1 on esitetty maankuivatukseen ja vertailuna tulvasuojeluun liittyviä käsitteitä.

FAO:n mukaan (1983) maapallolla on peltoa noin 3 150 milj. ha, josta viljelyksessä on puolet. Viljelyalasta noin 310 milj. ha oli tehokkaan kuivatuksen piirissä.

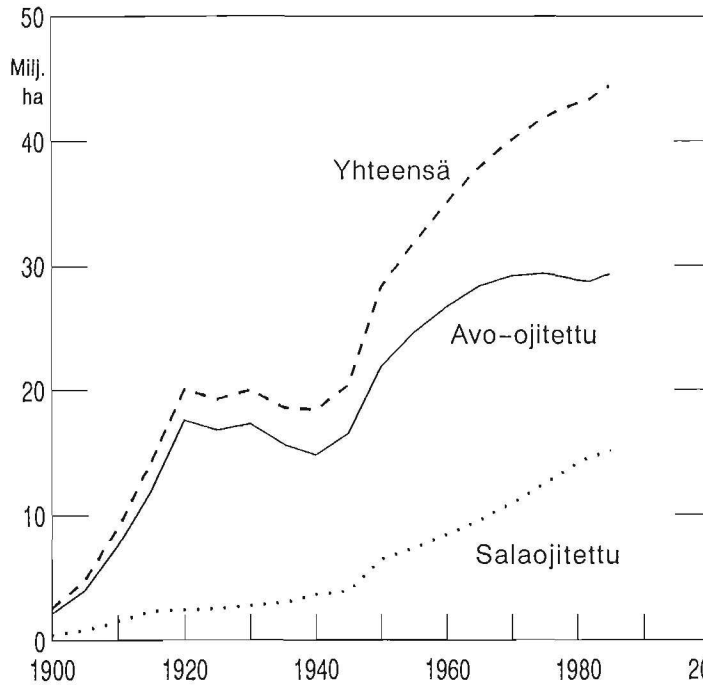
Kuivatustarpeen ja -toiminnan laajuuden määräävät kunkin maan ilmasto-, maaperä-, talous- ja maanviljelyolosuhteet. Kehittyneissä maissa, joissa maataloudella on merkittävä asema kansantaloudessa, myös kuivatustoiminta on ollut laaja-alaista ja nykyaikaista.

Historian tutkijat ovat havainneet ensimmäisiä merkkejä ihmisen tekemistä kuivatuksista jo paljon ennen Kristuksen syntymää. Maan kuivattaminen oli verrattain yleistä Egyptissä ja nykyisen Lähi-Idän alueella jo noin 2000 vuotta sitten. Kastelukanavat olivat eräänlainen lähtölaukaus myös nykymuotoiselle kuivatustoiminnalle (Beauchamp 1987).

Kuivatus on osa vesienkäyttöä, maaseutu ympäristön hoitoa ja se kuuluu olennaisena osana maaseudun perusvarustukseen. Swader ja Pavelis (1987) ovat todenneet, että kuivatus on ollut lähtökohta maaseutu-asutuksen kehittymiselle ja laajenemiselle jo antiikin ajoista lähtien.



Kuva 1. Maankuivatukseen ja tulvasuojeluun liittyviä käsitteitä (Maa- ja metsätalousministeriö 1990).



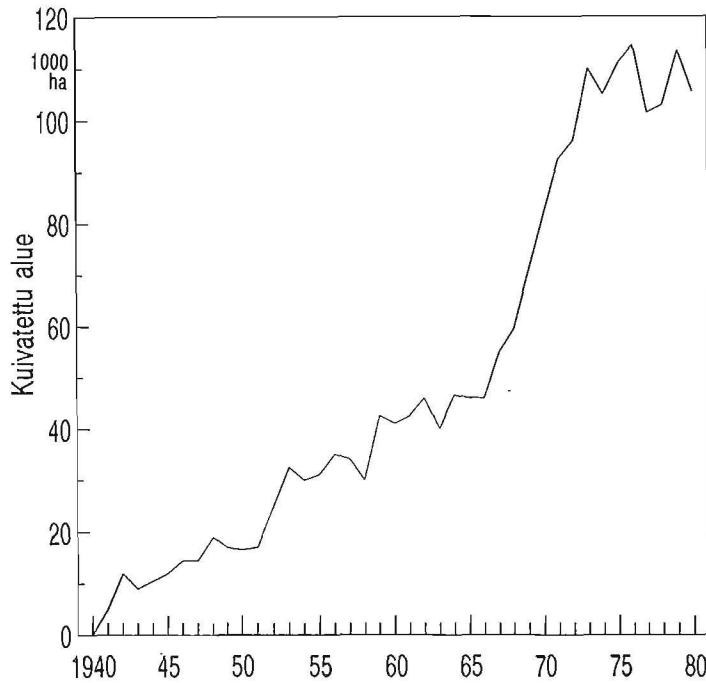
Kuva 2. Yhdysvalloissa tapahtuneet maatalouden kuivatukset 1900 - 1985 (Pavelis 1987).

Useimmissa länsimaissa järjestelmällinen kuivatustoiminta alkoi 1800-luvulla. Ensimmäinen kehitysvaihe päättyi 1930-luvun lamaan ja 1940-luvun sotavuosiin. Kehitystä kuvaa hyvin esimerkiksi Yhdysvalloissa toteutetut kuivatukset vuosina 1900 - 1985 (kuva 2).

Jo yli 200 vuoden ajan kuivatustoiminta on näytellyt oleellista osaa maatalouden kehittämisessä. Esimerkiksi U.S. Congress Office of Technology Assessment (OTA) on arvioinut, että jopa 50 % kaikista Yhdysvaltojen vedenvaivaamista (mukaanlukien metsät, pellot, suot jne.) alueista on kuivatettu jollakin tavoin. Vuonna 1985 arvioitiin, että vuodesta 1900 alkaen oli kuivatettu peltoalueita koko maassa noin 44,5 milj. hehtaaria, josta 70 % oli viljanviljelyssä ja 12 % laitumena, 16 % metsämaana ja 2 % muussa käytössä (Smith ja Massey 1987). Pavelis (1987) arvioi, että Yhdysvaltojen kuivatusten kokonaisalasta avo-ojissa oli 66 % ja salaojitettuna 34 %. Avo-ojien taloudelliseksi käyttöäksi arvioitiin siellä 20 vuotta ja salaojien korkeintaan 40 vuotta. Vuonna 1985 arvioitiin käyttökunnossa olevia avo-ojitettuja alueita olevan 5 milj. ha ja salaojitettuja alueita 11 milj. ha. Kuivatustoiminta on jatkunut merkittävänä aina viime vuosiin saakka. Vanhan kuivatusverkoston kunnossapito vaatii tulevaisuudessa jatkuvasti kuivatustöiden toteutusta.

Kanadalaisten tutkijoiden Patersonin ja Jensenin (1986) mukaan esimerkiksi Kanadan Albertan osavaltiossa 4,5 milj. ha maatalousmaata kärsisi märkyydestä ilman tehokasta kuivatusta. Kastelua varten aloitettiin kuivatukset jo 1800-luvun alussa. Kastelualueilla, joita on noin 600 000 ha, kuivatusverkoston täytyy olla jatkuvasti toimintakunnossa.

Robinson (1990) on laatinut yhteenvedon Englannissa tapahtuneesta kuivatustoiminnasta. Sen mukaan vuoteen 1880 mennessä oli Englannissa ja Walesissa kuivatuksia 0,4 milj. ha:n alueella. Trafford (1973) arvioi eri lähteisiin nojautuen, että koko kuivatusala olisi 1800-luvulla ollut Englannissa noin 5 milj. ha. Yhteenvedoa 1900-luvun kuivatusten määrästä ei ole käytettävissä, mutta kuivatustoiminnan kehitys on ollut hyvin voimakasta vuosina 1940-1980. Kuva 3 esittää valtion tukemien kuivatusten kehittymistä Englannissa ja Walesissa vuosina 1940-1980.



Kuva 3. Valtion tukemien kuivatusten kehittyminen Englannissa ja Walesissa vuosina 1940–1980 (Robinson 1990).

Skotlannissa kuivatusten huippu oli vuosina 1940–1950, jolloin valtion tuella kuivatettiin vuosittain noin 25 000 ha. Kuivatustoiminta on sittemmin laantunut sielläkin, ja oli 1980-luvulla enää noin 5 000 ha vuodessa (Robinson 1990).

Hollannissa kuivatettiin 1980-luvulla peltoja keskimäärin 35 000 ha vuodessa (Feddes 1988).

Muissa Länsi-Euroopan maissa kuivatustoiminta kehittyi ilmeisestikin samansuuntaisesti. Ruotsissa kuivatustoiminta on kehittynyt hyvin samalla tavalla kuin Suomesakin. Kehitys siellä on kulkenut jonkin verran edellä.

2.2 Maankuivatuksen vaiheet Suomessa

Määräyksiä peltojen valtaojituksesta löytyy lainsäädännöstä jo 1200-luvulta lähtien. Valtaojien syvyys määriteltiin vuonna 1681 60 cm:ksi. Vuonna 1868 syvyysvaatimus nousi 75 cm:iin, vuonna 1902 90 cm:iin ja vuonna 1951 120 cm:iin (Juusela ja Wäre 1956). Salaojituksen myötä suunnitelmien kuivavaran tavoite on noussut 140 cm:ksi (mukana valtaojan liettymisvaraa 30 cm). Näin suurella tavoitesyvyydellä halutaan varmistaa, että valtaoja toimii myös jonkinasteisen liettymisen jälkeen.

Maa- ja vesitekniikan tuki ry. on koonnut selvityksen maankuivatustoiminnan kehittymisestä (Paavolainen 1989). Ennen Suomen itsenäistymistä vallinneelta ajalta on olemassa maanviljelysinööripiireittäin koottuja tietoja kuivatustoiminnan laajuudesta. Vuosina 1892–1920 valmistui 7 550 kuivatus- ja vedenjärjestelytyötä, joiden hyötyala oli yhteensä 369 000 hehtaaria. Maanviljelysinööripiirien johdolla toteutettiin 293 työtä, joihin oli myönnetty valtion avustusta ja lainaa. Näiden töiden hyötyala oli 73 800 hehtaaria. Nämä olivat suurimpia ja vaativimpia töitä, ja sen vuoksi toteutettiin valtion tuen turvin. Suurimman osan töistä olivat viljelijät toteuttaneet omatoimisesti ja rahoittaneet ne myös itse. Nykymuotoisen viljelysmaan laajamittainen kuivattaminen voidaan katsoa käynnistyneen tällä ajanjaksolla.

Suomen itsenäistymisen jälkeen maanparantamiseen liittyviä toimintoja kehitettiin nopeasti. Maanparannustöitä tehostettiin. Suuria pääomia kiinnitettiin maataloihin, viljelysten laajentamiseen ja muuhun perusparannustoimintaan. Valtioneuvosto asetti 1920-luvun lopulla maanparannuskomitean, jonka tehtävänä oli mm. arvioida maanparannustoiminnan valtion tukimuotoja sekä erityisen maankuivatusrahaston tarpeellisuutta ja esittää arvio lähivuosien määrärahojen tarpeesta. Komitean mietintö valmistui vuonna 1927. Siinä esitettiin mm., että maataloushallitus toteuttaa kaikki maanparannukseen liittyvät kuivatus- ja tulvasuojelutyöt. Rahoitusehtoja esitettiin helpotettavaksi. Tietävästi tällöin tuli ensimmäistä kertaa esille professori I.A. Hallakorven toimesta, että laaja-alaiset kuivatukset tuottivat hyötyä myös muille kuin maataloudelle. Edelleen tiedostettiin, että maankuivatus- ja vedenjärjestelytyöt aiheuttivat virtaamahuippujen kasvua alapuolisissa uoman ja vesistön osissa. Myös maankuivatuksen ja viljelyn aiheuttama maanpainuminen tuli esille jo tällöin.

Seuraava yhteenveto maankuivatus- ja vedenjärjestelytoimenpiteistä koottiin 1930-luvun lopulla. Sen mukaan vuosina 1892–1935 tutkittiin ja suunniteltiin maanviljelysinsinööripiireissä kuivatus- ja vedenjärjestelyitä yhteensä 14 283 kappaletta, joissa oli vesiväylää yhteensä 35 292 kilometriä ja hyötyalaa 938 461 hehtaaria. Edellä mainittujen töiden ohella laadittiin perkaus- ja kunnossapitokustannusten ositteluja vuosina 1892–1937 yhteensä 32 420 hehtaaria. Nyt arvioitiin myös muiden toimintojen vaatimaa kuivatustarvetta, sillä mm. uittopatojen ja vesivoimalaitosten padotusvahinkojen käsittelyn yhteydessä selvitettiin 105 426 hehtaarin kuivatustarve. Vuonna 1937 oli valtion toimesta arvioitu kuivatus- ja tulvasuojelutarve sekä toteutettu maanparannustoimenpiteitä yhteensä noin 1 075 000 hehtaarin suuruiselle maa-alueelle. Maataloushallituksen julkaisemien vuosikertomusten mukaan toteutettiin vuosina 1894–1937 kaikkiaan 1816 vedenjärjestely- ja kuivatustyötä. Niiden kustannukset olivat yhteensä noin 300 milj. mk ja hyötyala noin 370 000 hehtaaria (Paavolainen 1989).

Sota-aikana kuivatustoiminta oli miltei pysähdyksissä. Valtaojien kunnossapito jäi hoitamatta ja kuivatukset rappeutuivat. Maanviljelysinsinööripiirien hoidettavaksi tuli asutustoimintaan liittyvät kuivatukset. Pika-asutustoiminnan puitteissa arvioitiin tarvittavan noin 200 000 hehtaarin kuivatukset. Lisäksi siirtoväen ja rintamamiesten asuttamisen yhteydessä kuivatettavaksi ja raivattavaksi viljelyalaksi arvioitiin noin 250 000 ha. Työt tapahtuivat vuonna 1945 vahvistetun maanhankintalain puitteissa. Maanhankintalain toimeenpanoon liittyvien kuivatustöiden kokonaistavoitteeksi arvioitiin 1.1.1958 237 156 hehtaaria. Silloin siitä oli valmiina 188 382 ha, suunniteltuna 29 215 ha, tutkittuna 13 025 ha ja käsittelemättä oli 6 534 ha.

Kuivatusasioita pohti myös vuonna 1949 mietintönsä jättänyt ns. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan peruskuivatuskomitea sekä vuonna 1959 ns. Huikarin komitea. Kuivatushankkeita toteutettiin työllisyystöinä. Tavoitteena oli saada kuivatukset nopeasti tuottamaan. Ongelmana oli, että paikalliskuivatus ei toteutunut peruskuivatuksen tahdissa.

Vuoden 1959 alussa tuli voimaan maankäyttölaki (MKL). Maanviljelysinsinööripiirit toteuttivat edelleen suurehkot, teknisesti vaativat kuivatustyöt. Peruskuivatuskomitean mietinnössä (Komiteamietintö 1964) tarkasteltiin perusteellisesti senhetkistä kuivatustarvetta. Komitea laati myös peruskuivatuksia koskevan toteutusohjelman. Purojen ja valtaojien varsilla arvioitiin olevan veden vaivaamia peltoja yhteensä noin 313 000 ha.

Kun suuret vesistötyöt ja muut viljelyskelpoiset tai kuivatustarpeessa olevat maa-alueet otettiin huomioon, arvioitiin vedenvaivaamaa aluetta olevan noin 922 000 ha (tilanne 1.2.1963). Pellon osuuden vesivahinkoalueista arvioitiin olevan noin 40 %. Tehty inventointi osoitti, että vuosina 1954 – 1962 oli koko maassa kuivatettu 252 000 ha peltoa, 324 000 ha viljelyskelpoista maata ja 81 400 ha muita maa-alueita. Salaojitettua peltoa oli 1.1.1964 jo 310 000 ha eli 11,7 % silloisesta peltoalasta (2 665 000 ha).

Soiden ja soistuneiden kankaiden kuivatustarve arvioitiin erikseen. Vuoden 1961 lopussa ojittamattomia soita arvioitiin olevan noin 8 212 000 ha. Tästä noin 55 % oli yksityismailla. Komitea oli arvioinut metsätalouden vaatiman valtaojitustarpeen (runko-ojat) kaivu- m^3 :n mukaan. Yksityismaiden valtaojitusohjelma käsitti noin 57,3 milj. m^3 :n kaivutyöt, joka karkeasti vastannee noin 230 000 hehtaarin metsäojitusala (40 m:n ojaväli ja ojan koko 1 m^3/jm). Valuma-alueiltaan yli 500 ha käsittäviä runko-ojia arvioitiin tarvittavan 14,3 milj. kaivu- m^3 :n verran, mikä vastannee em. kriteerillä noin 58 000 hehtaarin ojitusala.

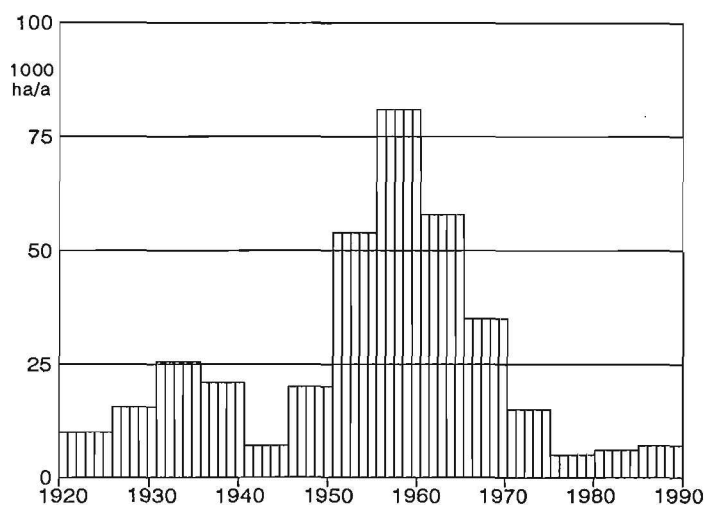
Komitean laatimassa peruskuivatusten toteuttamishjelmassa esitettiin kuivatettavaksi vuosina 1965–1978 yhteensä 770 000 ha, josta pellon osuus oli 308 000 ha. Sen mukaan tuli kuivattaa vuosittain 55 000 ha, josta pellon osuus olisi ollut 22 000 ha.

Vuonna 1980 laadittiin valtakunnallinen salaojitusohjelma SARA-2000 (Salaojakeskus ry. 1980). Sen toteutumisen arvioitiin edellyttävän 200 000 ha:n peltoalueen valtaojittamista vuoteen 2000 mennessä. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmä (Maa- ja metsätalousministeriö 1990) arvioi, että 1980-luvulla toteutettiin peruskuivatuksia 67 200 ha:n alueella, josta pellon osuus oli 88 %. Vuotuinen kuivatettu ala oli siten 6 720 ha. Toisin sanoen SARA-2000 ohjelman tavoitteesta jäätin jälkeen 1980-luvulla noin 33 000 ha eli 33 %. Peruskuivatustoiminnan kehittymistä kokonaisuudessaan on tarkasteltu kuvassa 4. Peruskuivatuksen tarveryhmä arvioi, että peruskuivatettu peltoala olisi ollut vuosina 1950–1990 yhteensä 1 050 000 ha. Taulukossa 1 on esitetty arvio vireillä olevista peruskuivatushankkeista.

Arvion teon jälkeen peruskuivatuksen rahoitus on edelleen vähentynyt. Vuonna 1993 pääasiassa peltojen peruskuivatukseen oli varoja käytettävissä koko maassa 8 Mmk, jolla voitiin turvata enää vain keskeneräisten ja harvojen uusien hankkeiden toimeenpano. Vuonna 1994 valtion tuki peruskuivatukseen on 10 Mmk. Myös metsätalouden puolella oli vuonna 1992 lopetettu yksityismetsien metsäojitukseen liittyvät ns. ilmaisvaltaojat. Niillä tarkoitettiin valtaojia, jotka toteutettiin kokonaan valtion varoilla metsäojitushankkeiden yhteydessä.

Polttoturvetuotannon vaatimat kuivatukset aloitettiin 1970-luvun puolessavälissä, jolloin Värtsilässä ryhdyttiin tuottamaan turvetta rautatehtaan käyttöön (Aaltonen 1976). Vuoteen 1982 mennessä oli soita kuivatettu ja kunnostettu turvetuotantoon 27 500 ha (Lehtinen 1983). Vuonna 1990 oli tuotantokunnossa olevia soita kaikkiaan 58 000 ha, tuotannossa niistä oli 40 000 ha. Tuotantoon kuivatetuista soista arvelaan olleen aikaisemmin metsäojitettuja 10 – 25 %. (Kaasinen 1992). Suurin osa polttoturvetuotannossa olevista soista on Oulun ja Vaasan lääneissä.

Järjestelmällinen metsäojitustoiminta aloitettiin Suomessa valtion mailla vuonna 1908 ja yksityismailla ensimmäisen metsänparannuslain voimaan tultua vuonna 1929. Maassamme on ollut soita hieman yli 10,4 milj. ha ja soistuvia kankaita noin 1,4 milj. ha. Näistä on raivattu pelloksi runsaat 700 000 ha, otettu voimatalouden ja turveteollisuuden käyttöön noin 200 000 ha sekä metsäojitettu 5 960 000 ha (1,45 milj. km).



Kuva 4. Peruskuivatuksen kehittyminen 1920–1990. (Maa- ja metsätalousministeriö 1990).

Taulukko 1. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmän arvio 1.9.1989 vireillä olevista peruskuivatushankkeista (Maa- ja metsätalousministeriö 1990).

Hankeryhmä	Lukumäärä kpl	Hyötyala ha	Arvioidut kustannukset Mmk
Keskeneräiset valtion työt	65	2 300	9
Valmiit suunnitelmat	135	10 000	37
Vuonna 1990 valmistuvat suunnitelmat	231	21 300	78
Muut ojitushakemukset	605	51 000	201
Yhteensä	1 036	84 600	325

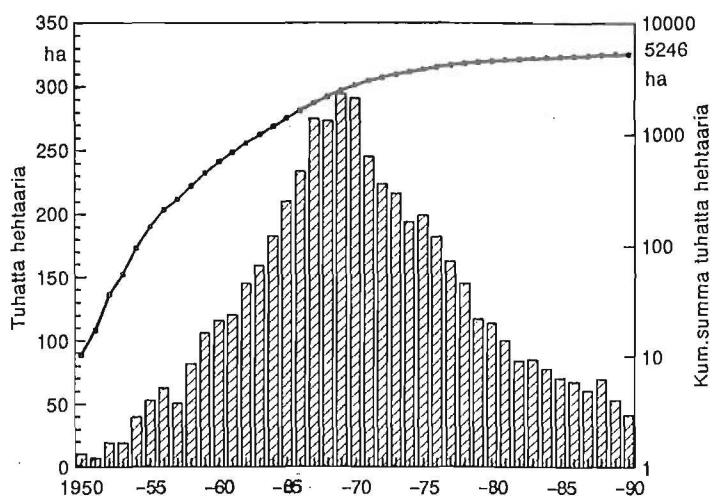
Kaikkiaan vuoden 1990 loppuun mennessä oli ojitettu 22,6 % koko metsätalousmaasta. Yksityismetsistä oli ojitettuna 27,3 %, valtion metsistä 14 % ja yhtiöiden metsistä 37,3 % (Raitasuo ja Antola 1986).

Vuotuiset metsäojitusalat olivat 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa suurimmillaan lähes 300 000 hehtaarin suuruusluokkaa, mutta supistuivat vuoteen 1990 mennessä reilun 50 000 ha vuositasolle. Kuvassa 5 on esitetty vuosina 1950 – 90 toteutettuja metsäojitusmääriä. Uudisojitus pienenee noin 5 000 ha vuosivauhdilla ja saataneen päätökseen vuoteen 2000 mennessä.

Vanhojen ojitusalueiden kunnostus on vasta alkamassa, ja metsäojitusten painopiste tulee siirtymään enenevässä määrin uudisojituksista vanhojen ojitusalueiden täydennys-, perkaus- ja uusintaojituksiin. Kunnostusojituksen tarve kasvaa nopeasti sitä mukaa kun 1960- ja 1970-lukujen suuret ojitusalueet tulevat kunnostusvuoroonsa.

Vanhoja metsäojia on perattu vuosina 1950 – 1990 yhteensä 213 400 km. Perkausmäärät ovat 1980-luvulla tasaistesti nousseet vuoden 1980 5 700 km:sta lähes 20 000 km:iin vuonna 1990 (Aarne 1992).

Vuotuista kunnostusojitustarvetta on arvioitu (taulukko 2) olevan tällä hetkellä noin 90 000 hehtaaria. (Metsä 2000 ohjelmajaosto 1985, Raitasuo ja Antola 1986). Tällä tulee osaltaan olemaan vaikutuksia peruskuivatusten tilaan ja kuivatustarpeeseen.



Kuva 5. Metsäojitus vuosittain vuosina 1950 – 90 ja kumulatiivisena summakäyränä ko. vuosilta. (Huom. summakäyrä logaritminen)

Taulukko 2. Metsä 2000-ohjelman perusparannuksen työtavoitteet omistajaryhmittäin. Ojitusmäärät 1000 ha/v. (Metsä 2000 ohjelmajaosto 1985)

Työlaji	Tilastoitu 1980–82	Tavoitteet (1000 ha/v)							
		1986–1995				1996–2005			
		yks.	yhtiöt	valtio	yht.	yks.	yhtiöt	valtio	yht.
Uudisojitus	99	29	5	6	40	11	2	2	15
Kunnostusojitus	38	88	13	19	120	85	16	19	120

2.3 Peruskuivatusta koskevat tavoitteet ja tutkimukset Suomessa

Maa- ja metsätalousministeriö hoitaa maatalouspolitiikan valmistelua ja toimeenpanee poliittiset päätökset. Maataloustutkimuksen tavoiteohjelmassa vuoteen 2000 (Maa- ja metsätalousministeriö 1987) on esitetty maataloutta ja ympäristöä koskevia linjauksia. Sen mukaan järkevä luonnonvarojen käyttäminen edellyttää, että ihmisen talouden ja luonnon ekologisten järjestelmien välillä vallitsee tasapaino. Luonnonvarojen riittävyys ja käyttökelpoisuus on turvattava tuleville sukupolville. Tämä on kestävä kehityksen periaatteen mukaista toimintaa. Ympäristöpolitiikan keskeisenä tavoitteena on ympäristönsuojelunäkökohtien huomioon ottaminen sekä ympäristön laadun säilyttäminen tai parantaminen.

Maataloustutkimuksen tavoitteena on mm. maatalouden ja ympäristön vuorovaikutusten tiedostaminen ja maataloudesta johtuvien haittojen minimointi. Tavoiteohjelmassa esitettiin mm. viljelysmaan fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien kehityksen seuraamista ja rakennetun ympäristön viihtyisyyden lisäämistä ja maisemavaurioiden korjaamista. Maataloustuotanto perustuu maan kasvukuntoon ja sen säilymiseen. Tarvitaan tutkimustietoa päätöksenteon tueksi kasvualustan tilasta ja sen kehityksestä.

Yhä keskeisempi ihmisen hyvinvointiin vaikuttava tekijä on rakennettu taajamaympäristö ja maaseudun maisema. Maatalouspoliittisiin tavoitteisiin on siis liitettävä myös ympäristö-, elinkeino-, liikenne- ja asuntopoliittiset näkökohdat. Elävä ja elinvoimainen ympäristö vaatii jatkuvaa huolenpitoa perusrakenteista. Peruskuivatus ja siihen liittyvät ympäristötekijät ovat osa tätä kokonaisuutta.

Peruskuivatuksen merkitystä eri toiminnoille ei ole riittävästi tiedostettu. Kuivatukseen tarvittavat määrärahat ovat vain osa esimerkiksi maaseudun infrastruktuurin kustannuksista. Se on kuitenkin välttämätön toimenpide maan kantavuuden, routimishaittojen estämisen ja maan tuottokyvyn kannalta. Kuivatuksen merkitys ja tavoitteet nähdään samankaltaisina myös mm. Yhdysvalloissa, jossa jo yli 200 vuoden ajan kuivatustoiminta on näytellyt oleellista osaa maatalouden ja muun elinkeinotoiminnan kehittämisessä (Pavelis 1987). Kuivatus on sielläkin oleellinen osa vesien ja ympäristön moninaiskäyttöä.

Suomessa Maatalouskeskusten liitto ja Maataloustuottajain keskusliitto ovat laatineet omat ympäristöpoliittiset ohjelmansa. Vastaavasti Maa- ja metsätalousministeriöllä ja ympäristöministeriöllä on oma ympäristöohjelmansa (Maa- ja metsätalousministeriö 1993). Yhteistä ohjelmille on huoli elinvoimaisen maaseutuympäristön säilymisestä ja vaatimukset hyvien tuotantoedellytysten turvaamisesta myös tuleville sukupolville. Tähän tavoitteeseen liittyy myös peltoviljelyn rationalisointi ja maan kasvukunnon turvaaminen mm. salaojitusta lisäämällä. Ohjelmissa esitetään, että valtion tulee myös jatkossa panostaa tulvasuojeluun ja kuivatustoimintaan, jotka ovat perustana ympäristöhaittojen torjunnassa. Maaseudun ympäristöohjelmassa on esitetty tavoite:

"Maisemanhoidon yleisenä tavoitteena on ottaa maaseudun kulttuurimaisema huomioon kaikessa maaseudun kehittämisessä, kuten maankäytön suunnittelussa, viljelytoiminnassa, maatalouden rakenteen tukemisessa, tuotannon ohjaamisessa ja maaseuturakentamisessa. Tavoitteena on myös avoimen maaseutumaiseman ylläpitäminen, arvokkaan rakennuskannan säilyttäminen ja perinnemaisemien hoidon järjestäminen." (Maa- ja metsätalousministeriö 1987, Maa- ja metsätalousministeriö 1990, Maa- ja metsätalousministeriö 1993, Maa- ja metsätalousministeriö 1993, MTK 1993).

Peruskuivatus- ja tulvasuojelutoiminnan kehittämistyöryhmän muistiossa (Maa- ja metsätalousministeriö 1993) todetaan, että Suomessa halutaan säilyttää tärkeimpien maataloustuotteiden tuotantomahdollisuudet siinäkin tapauksessa, että maamme liittyy Euroopan yhteisöön. Viljelykäytössä pysyvällä peltoalalla on huolehdittava riittävästä kuivatuksesta. Työryhmä arvioi, että vireillä oleviin kuivatushankkeisiin ja valtiolle tehtyihin kuivatushakemuksiin tarvittaisiin lähivuosina noin 300 milj. mk:n rahoitus. Kuivatettava ala olisi yhteensä 80 000 – 85 000 ha (Maa- ja metsätalousministeriö 1990). Kuivatuksia tarvitaan sekä olemassa olevien kuivatusjärjestelmien peruspanukseen salaojitustarvetta varten että valtaojaverkoston toimivuuden turvaamiseksi mm. metsätalouden ja muun ympäristön kannalta. Peruskuivatettu peltoala ei kokonaisuutena kasva enää. Sen arvioidaan olevan noin 1 050 000 ha. Viljelyyn jäävän peltoalan arvioidaan olevan eri lähteiden mukaan 1,5 – 2,2 milj. ha. MTK:n vuosikertomuksen mukaan kokonaispeltoala vuonna 1992 oli 2 513 000 ha. Kasvintuotannossa ollut viljelyala oli 1 760 000 ha eli 70 % koko peltoalasta. Maatalouslaskennan (Maatilahallitus 1992) mukaan yli 3 ha:n tiloilla oli kokonaispeltoala 1.6.1990 yhteensä 2 222 000 ha.

Pellon muuttaminen avo-ojitetusta salaojitetuksi muuttaa hydrologisia oloja. Pintavalunta lakkaa suurimmaksi osaksi (Seuna 1990). Metsäojitus ja puuston määrän kasvu vaikuttavat merkittävästi hydrologiaan. Maatalouskäytössä olevat pellot on monilla alueilla perattu jo useampaan kertaan.

Maataloutta ja vesien tilaa koskevassa MAVERO-projektin loppuraportissa todetaan mm., että maatalouteen kohdistuu jo lähiaikoina muutospaineita sekä poliittisesti että myös ilmaston mahdollisen muuttumisen seurauksena (Rekolainen ym. 1992).

Muutostilanteen hallitsemiseksi tarvitaan monipuolista tutkimustietoa. Tässä tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan peruskuivatuksen, toisin sanoen valtaojituksen tilaa ja tarvetta Suomessa.

Suomen peltöjen kuivatustilatutkimuksen (Puustinen ja Palko 1991) tavoitteena on tutkia Suomen viljelysmaiden vesitaloudellista tilaa kasvien, viljelytekniikan vaatimusten ja vesiensuojelun kannalta. Peruskuivatusverkosto muodostaa edellä kerrotun mukaisesti tärkeän elementin ympäristössä. Peruskuivatuksen taustatietoina mitataan valtaojien valuma-alueita, ikää, hydraulisia ominaisuuksia ja kuntoa. Eroosioaineksen kulkeutumista ja vaikutuksia vesiensuojeluun tutkitaan erilaisilla tunnusluvuilla.

Suomen peltöjen kuivatustilaa ovat tutkineet aiemmin koko maata kattavasti Juusela ja Wäre (1956) selvittelemällä paikallisojitukseen ja peruskuivatukseen liittyviä kysymyksiä vuonna 1955. Tuolloin peruskuivatus oli vielä riittämätöntä, paikalliskuivatus oli puutteellista ja se oli toteutettu yleisesti avo-ojituksena. Salaojitusta oli käytetty paikalliskuivatusmenetelmänä vasta Etelä- ja Lounais-Suomen pelloilla. Inventoinnin tavoitteena oli selvittää lähinnä kuivatustöiden henkilö-, kone- ja määrärahaatarve ja näiden kohdentuminen. Tuolloin ei oltu kiinnostuneita kuivatustöiden ympäristö- ja vesistövaikutuksista. (Puustinen ja Palko 1991)

Toinen perusteellinen peltöjen kuivatustilan inventointi tehtiin vuosina 1962–1964. Tämä tutkimus ei perustunut maastotutkimuksiin, vaan tutkimushetkeen mennessä toteutettujen ja suunniteltujen kuivatushankkeiden inventointiin. Selvityksen tekivät maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto apunaan maanviljelysinsinööripiirit, maanviljelysseurat ja metsänparannuspiirit. Tutkimuksen tulokset on julkaistu Peruskuivatuskomitean mietinnössä (Komiteamietintö 1964).

Sen jälkeen peruskuivatusta on tutkittu mm. Kuivatus- ja kastelutöiden rahoituskomitean mietinnössä (Komiteamietintö 1973), SARA 2000 ohjelmassa (Salaojakeskus ry 1980) ja Vesi- ja ympäristöhallinnossa vuonna 1987 tehdyssä selvityksessä toteuttamattomista kuivatushankkeista. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmä arvioi peruskuivatus-toiminnan laajuutta ja lähitulevaisuuden tarpeita vuonna 1990 valmistuneessa Maa- ja metsätalousministeriön muistiossa (1990). Kuivatusta on käsitelty myös salaojien toimintahäiriöitä, niiden korjausta ja ongelmallisten maiden salaojitusta käsittelevissä tutkimuksissa (Puustinen ja Pehkonen 1986, Puustinen ym. 1987 ja Aura 1990).

3 MAANKUIVATUKSEN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Yleisiä näkökohtia

Ilmastomme ja maaperämme eivät ole luonnostaan tarjonneet suotuisia lähtökohtia maanviljelykselle. Suomi kuuluu maapallon pohjoisimpiin kasvinviljelyalueisiin, minkä takia täällä voidaan viljellä vain muutamia peltokasvilajeja. Lisäksi niiden satotaso on selvästi alempi kuin esimerkiksi Etelä-Ruotsissa ja Keski-Euroopassa. Viljasato Suomessa saattaa jäädä vain puoleen Keski-Euroopan satotasosta.

Jos kasvit eivät kasvuaikana saa tiettyä lämpömäärää, pitenee kasvuaika, kunnes kasvukauden lopulla hallat saattavat katkaista kehityksen ja sato voi jäädä tuleentumatta. Kasvukauden pituus on Golf-virran ja maamme muodon takia sen eri osissa

hyvin erilainen. Etelärannikolla kasvukausi on 175...180 päivää, Vaasan korkeudella enää noin 160 ja Rovaniemellä 130 päivää (Vesihallitus 1986).

Suomessa täytyy peltojen kuivatuksen olla huomattavasti tehokkaampaa kuin useimmissa muissa maissa. Kuivatuksen tärkeys johtuu pääasiassa kasvukauden lyhyydestä, lumen sulamisvesien runsaudesta, sadannan epäedullisesta jakautumisesta kasvukaudella, peltomaittemme huonosta vedenläpäisykyvystä sekä Pohjanmaalla maanpinnan tasaisuudesta.

Englannissa ovat Robinson ja Armstrong (1988) arvioineet vuosina 1971–1980 esiintyneiden kuivatusongelmien syiksi seuraavia tekijöitä (% kuivatetusta maasta):

Pintavesihaitat	58 %
Pohjavesihaitat	34 %
Kevään tulvavesihaitat	8 %

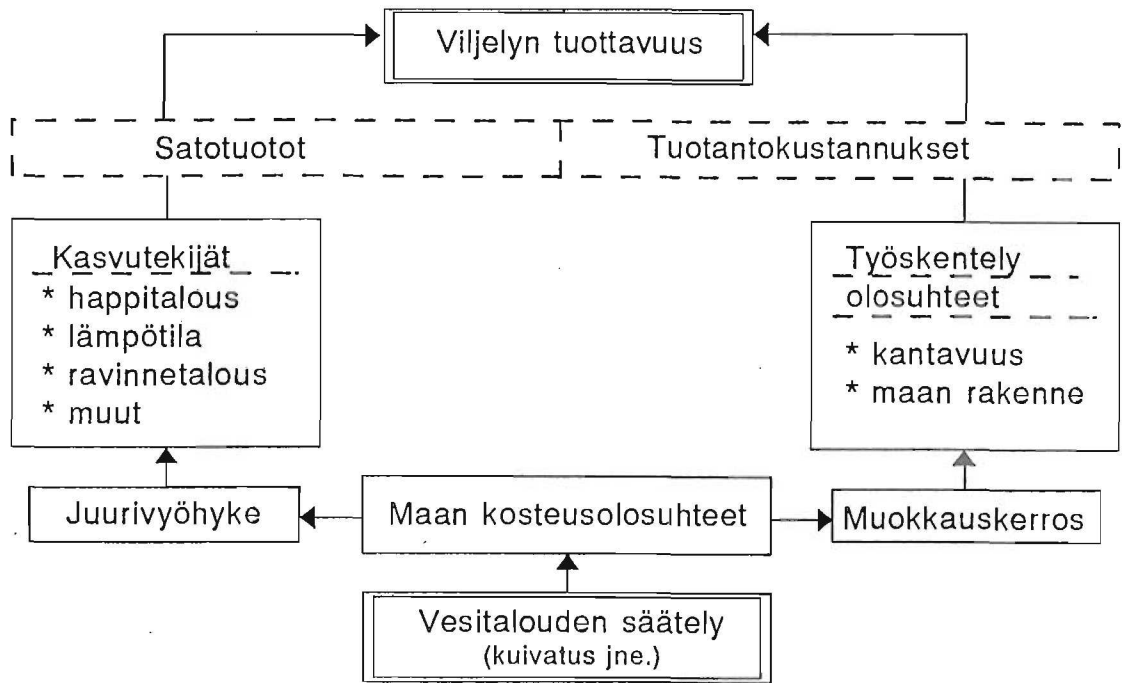
Paikalliskuivatustapa voi vaikuttaa merkittävästi kuivatushäiriöihin (Robinson 1990). Avo-ojitus lisää virtaamahuippuja. Samoin salaojituksen valumia lisäävät sekundaariset toimet, kuten myyräojat ja muut vedenjohtokykyä lisäävät toimet. Maan tiivistyminen lisää pintavaluntaa ja valuntahuippuja. Keskeinen lähtökohta edullisille kasvuolosuhteille on viljelymaan hyvä vesitalous. Kuivatuksen on oltava riittävä, eivätkä pintavedet saa jäädä seisomaan pelloille. Maavesivyöhykkeessä tapahtuvat sateen, haihtumisen, transpiraation ja valunnan väliset vuorovaikutukset (Soveri 1972). Maavesivyöhykkeessä salaojitus muuttaa radikaalisti pellon hydrologiaa ja vaikuttaa sitä kautta maan vesi- ja ravinnetalouteen (Seuna 1992). Maan pintakerroksen vedenjohtavuus, avo- ja salaojien kunto, salaojien mitoitus, salaojasyvyys ja pohjavesipinnan taso vaikuttavat ilmastotekijöiden ohella maan kuivatustilaan. Tulvimisen ja pintavirtausten estäminen vähentää pintaeroosiota ja fosforin huuhtoumaa.

Maan kasvutekijät voidaan lyhyesti luetella seuraavasti:

- vesitalous, johon voidaan vaikuttaa kuivatuksella ja kastelulla (sopiva kuivavara).
- maan rakenne, johon vaikuttavat vesitalouden ohella viljelymuoto- ja tekniikka sekä maalaji.
- maan ravinnetalous.

Kuvassa 6 on esitetty kasvuolosuhteiden vaikutusta viljelyn tuottavuuteen (Smedema 1988).

Maan liiallinen kosteus on yleisin syy peltoviljelyn ongelmiin ja satotappioihin. Armstrongin (1987) mielestä peruskuivatuksella voidaan lisätä työskentelykelpoisten päivien lukumäärää, vaikuttaa viljelytoimenpiteiden ajoitukseen, jatkaa kasvukautta ja lisätä näin satotasoa. Peruskuivatuksen välittömän hyödyn satotason kasvulle hän arvioi olevan 10 – 20 %, mutta edellä mainitut tekijät voivat vaikuttaa välillisesti koko peltolohkon tai tilan tuottavuuteen.



Kuva 6. Kasvuolosuhteiden vaikutus viljelyn tuottavuuteen (Smedema 1988).

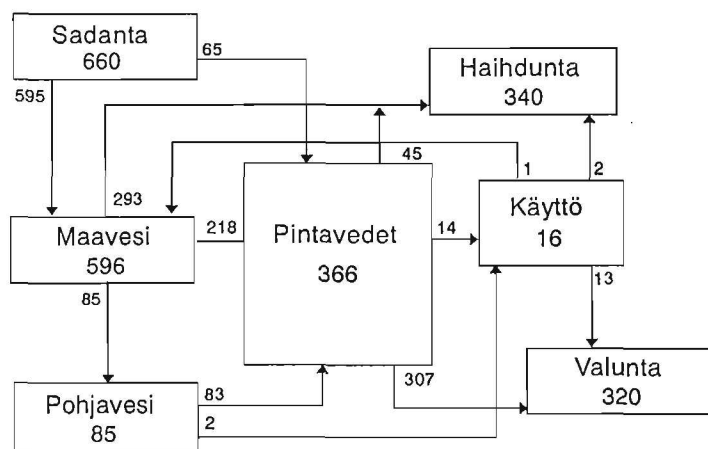
3.2 Hydrologia ja vesitalous

Valtaojien valuma-alueiden hydrologiset olosuhteet ovat muuttuneet luonnontilaisesta merkittävästi. Myös peltojen paikalliskuivatus on muuttunut. On toteutettu laaja-alaisia metsäojituksia ja soiden kuivatuksia. Metsien avohakkuut ja valtaojituksiin vaikuttavat monet muut valuma-alueella tapahtuvat ihmisen toiminnot, esimerkiksi turvetuotanto, ovat yleistyneet.

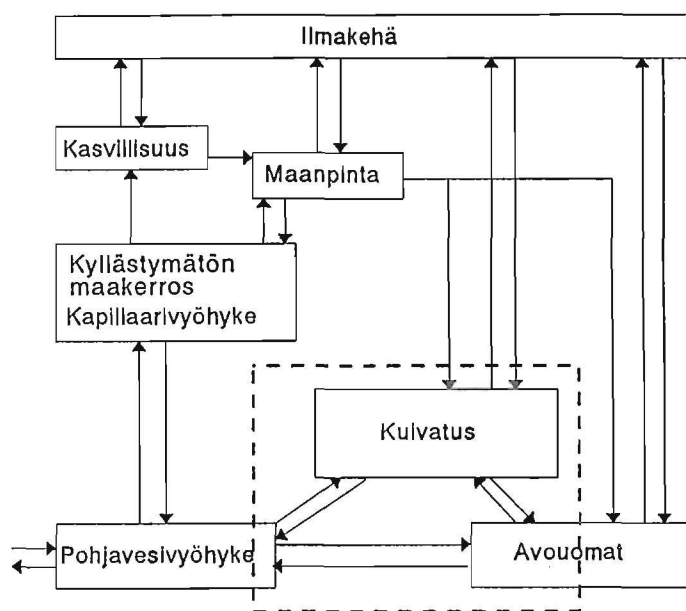
Vuotuinen sadanta on Suomessa keskimäärin 500–750 mm; Pohjois-Suomessa se on pienempi kuin Etelä-Suomessa. Haihdunta on puolet sadannasta. Vesistöihin tulevan valunnan osuudeksi jää maan eri osissa keskimäärin 200...400 mm vuodessa. Kuvassa 7 on esitetty kaaviona keskimääräinen "vesivuosi" Suomessa. Liitteessä 1 on esitetty keskisadannan, -haihdunnan ja valunnan lukuarvoja Suomessa.

Maavesivyyhykkeellä on oleellinen merkitys hydrologisessa vedenkierrossa. Tässä vyyhykkeessä tapahtuvat sateen, haihtumisen, transpiraation ja valunnan väliset vuorovaikutukset (Soveri 1986). Kuvassa 8 on esitetty veden hydrologista kiertoa kuvaava toimintamalli ilman, kasviston, maan ja kuivatuksen sekä avouomien välillä (Wesseling ja Jansen 1986).

Ojituksen hydrologisia vaikutuksia ovat tutkineet Suomessa mm. Mustonen ja Seuna (1971), Heikurainen (1980), Päivänen (1980), Seuna (1982, 1983, 1988, 1992), Ahti (1987), Ahtiainen (1990). Ruotsissa ovat tutkimuksia tehneet mm. Lundin (1984), Bergquist ym. (1984) ja Simonsson (1987). Avohakkuu lisäsi vuoden keskivaluntaa esimerkiksi Nurmes-tutkimuksen koeolosuhteissa (Seuna 1988). Samoin alivalumat kasvoivat metsäojituksen johdosta. Sallantaus (1986) ja Kaasinen (1992) ovat tutkineet turvetuotannon vaatimien ojitusten hydrologisia vaikutuksia, jotka voivat paikallisesti olla hyvin suuria. Rönkkömäki (1992) on tutkinut hydrologisten mallien laadintaa ja käyttöä turvetuotantosoiden vesiensuojelussa. Taulukossa 3 on esitetty valuman jakautumista suuralueittain eri vuodenaikoina.



Kuva 7. Suomen vesitase keskimääräisenä vesivuotena (millimetreinä kokonaispinta-alaa kohden). Varastoihin sisältyvät luvut ilmaisevat varaston vuotuista vaihtumista, eivätkä siis varaston suuruutta. (Kuusisto 1986)



Kuva 8. Veden hydrologinen kierto. (Wesseling ja Jansen 1986)

Taulukko 3. Valuman keskiarvoja kevätkaudella (1.3–31.5), kesäkaudella (1.6–31.10) ja talvikaudella (1.1 – kevättulvan ajankohta) vuosina 1958–1977 pienillä järvettömillä alueilla maan eri osissa (Seuna 1982.)

Alue	Valuma [mm]		Valuma [l/s·km ²]				
	vuosi q	kevät q	vuosi Mq	kevät MHq	kesä MHq	talvi MNq _{l(30 vrk)}	kesä MNq _{l(30 vrk)}
Lounais- ja Länsi-Suomi	250	125	7,2	109	40	0,8	0,6
Etelä- ja Keski-Suomi	300	153	9,1	110	45	1,6	1,5
Pohjois-Suomi	375	162	10,1	168	49	1,1	3,8

Englannissa on tutkittu lähinnä peltokuivatuksen vaikutuksia maan vesitalouteen ja hydrologiaan (Robinson 1990). Se tarjoaakin ainutlaatuisen mahdollisuuden tutkia aihepiiriä, koska eräät tutkijat katsovat, että maa on laaja-alaisimmin ja tehokkaimmin kuivatettu maailmassa (Green 1979, Van Der Beken 1987). Englannissa on tehty

aiheesta tutkimustyötä jo 1800-luvulta lähtien (Bailey Denton 1862 ja Beardmore 1862). Heidän mielestään eteenkin savimailla kuivatus lisäsi virtaamia ja aiheutti valunnan nopeutumista. Toisaalta oli havaittu, että raskailla savimailla valuntahuiput tasoittuivat kuivatuksen johdosta, koska maan pintakerros pystyi varastoimaan vettä (Kendall 1950, Trafford 1973, Thomasson 1975). Useimmat tutkijat ovat kuitenkin tulleet samankaltaiseen tulokseen kuin Suomessakin, että valuma-alueiden laaja-alaiset kuivatukset lisäävät tulvia (mm. McCubbin 1938, Howe ym. 1967, Learmouth 1950, Caufield 1982, Hansard 1983). Teoreettiset perusteet valunnan muutoksille katsottiin löytyvän seuraavista tekijöistä:

- paikalliskuivatuksen tehokkuus on kasvanut
- maan pintakerroksen veden varastointikyky kasvaa kuivatuksen myötä l. pohjavedenpinta laskee ja maan varastotilavuus lisääntyy
- kuivatus muuttaa rankkasateiden vaikutusta valuntaan
- paikalliskuivatustapa vaikuttaa valunnan muodostumiseen
- kuivatetun alueen osuus ja sijainti sekä ominaisuudet (mm. puuston määrä ja kasvillisuus) vaikuttavat valuntaan.

Näitä tekijöitä on mm. Seuna (1983) käyttänyt kehittäessään valunnan määrittämiseen käytettyjä nomogrammeja.

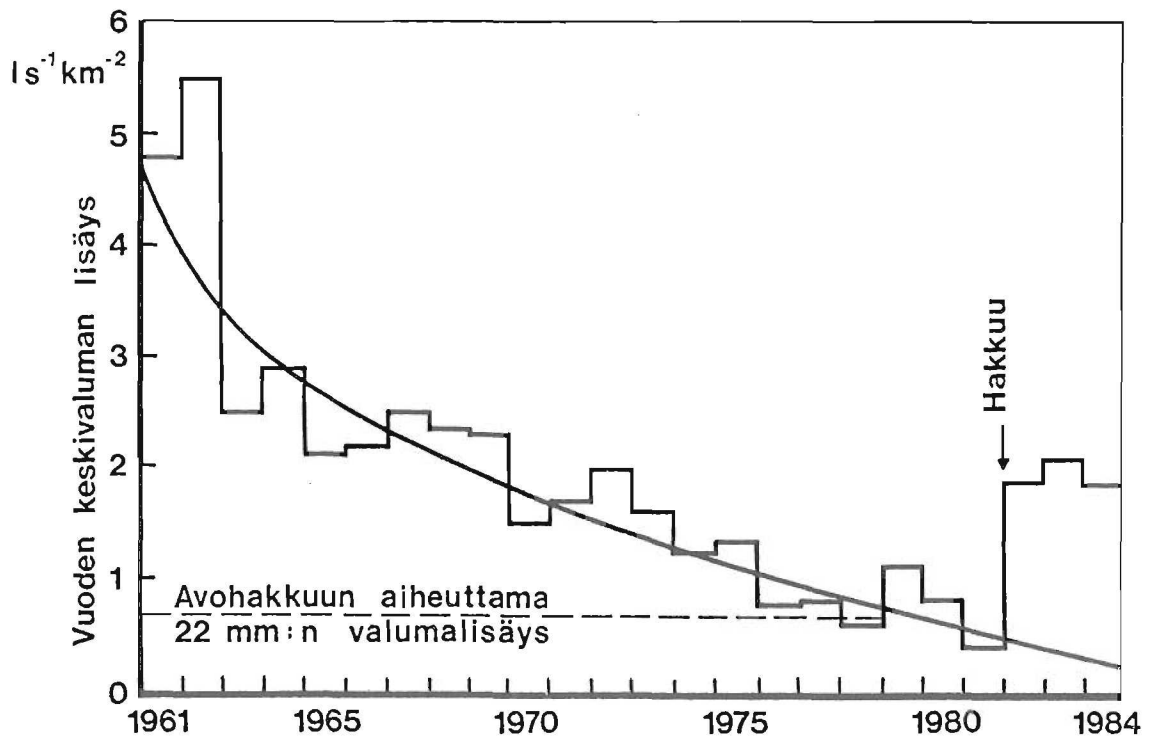
Metsäojituksen hydrologisista vaikutuksista on Seuna (1992) todennut, että hydrologia muuttuu kahdella tavalla:

- 1) Pohjavedenpinta laskee, jolloin suon vesivarastot tyhjenevät, turpeen vedenvarastointikyky lisääntyy, maanpinnasta tapahtuva haihdunta vähenee ja kasvien transpiraatio muuttuu. Näiden yhteisvaikutuksesta valunnan kokonaismäärä lisääntyy.
- 2) Hydraulisten ominaisuuksien muutos aiheuttaa valunnan nopeutumista. Valuntahuiput voivat terävöityä erityisesti, jos yhtenäisiä ojitusalueita on valuma-alueen yläosalla.

Kuva 9 esittää metsäojituksen aiheuttaman vuosivalunnan muuttumista ajan mukaan (Seuna 1990).

Valtaojituksen ja peruskuivatuksen toimivuuden kannalta erityistä merkitystä on kevätylivaluman ja kesäylivaluman muutoksilla. Kevätylivaluma kasvaa, jos ojitusalue sijaitsee valuma-alueen latvoilla (alkuvuosina 0,3 – 0,8 % ojitusalueprosenttia kohden). Pienenemistä syntyy, jos ojitusalueet ovat alajuoksulla tai sijaitsevat hajallaan virtausmatkan kannalta. Kesäylivaluma yleensä kasvaa, isot ja hetkelliset huiput eniten (1–3 % ojitusalueprosenttia kohden). Ylivalumat palautuvat alkuperäiselle tasolle 10–20 vuodessa puuston kasvusta riippuen (Seuna 1990). Kunnostusojitus tai ojituksen tehostaminen jatkavat vaikutusaikaa.

Kuivatushyödyn arviointi perustuu kuivatusta edeltäneeseen kuivavaraan ja kuivatus-toimenpiteen aiheuttamaan kuivavaran muutokseen (Tuononen 1982, Vesihallitus 1986). Kuivavara määritellään mittaamalla maanpinnan ja pohjaveden välinen korkeusero. Käsitteellä kuivatussyvyys tarkoitetaan maanpinnan ja kuivatusrakenteiden korkeuseroa esim. maanpinnan ja salaojan pohjan korkeuseroa. Kuivatussyvyys on siis suurin kuivavara, mitä ko. kuivatustoimenpiteellä voidaan saavuttaa. Sade-, haihdunta- ja maaperäolosuhteet voivat hetkellisesti muuttaa tilannetta niin, että kuivavara poikkeaa kuivatussyvyydestä. Kuivatuksen hyöty määräytyy em. tekijöiden ja erilaisen kuivatushäiriöiden sekä tulvimistilanteiden perusteella. Kuivavaran muutos on yleensä tärkeimpänä hyödynarvioinnin lähtökohtana.

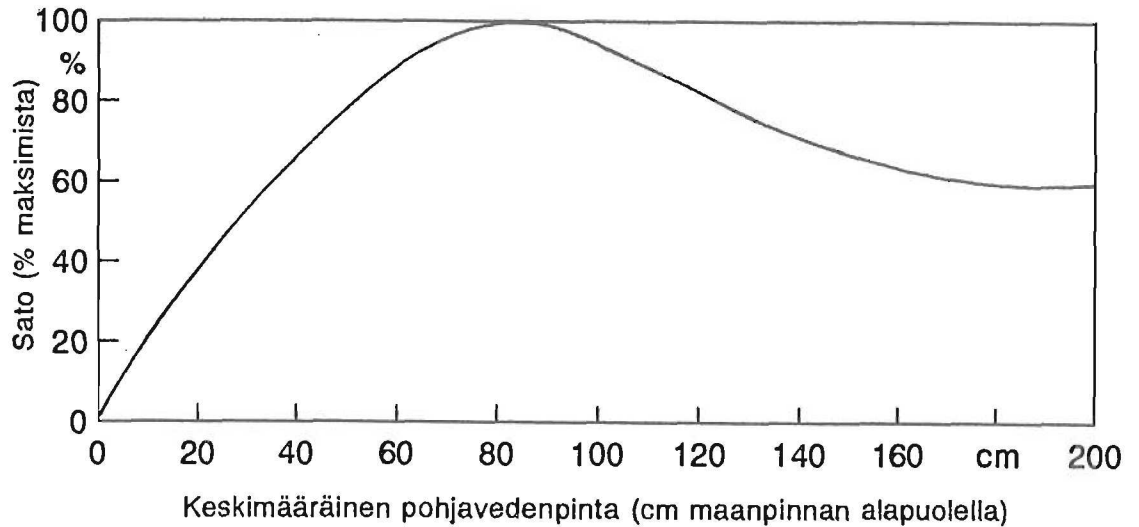


Kuva 9. Metsäojituksen vaikutus vuoden keskivalumaan Huhtisuon valuma-alueella Kaakkois-Suomessa 1961–1984. (Ala 5 km², v. 1960 ojitettu 40 % valuma-alueen alasta) (Seuna 1990).

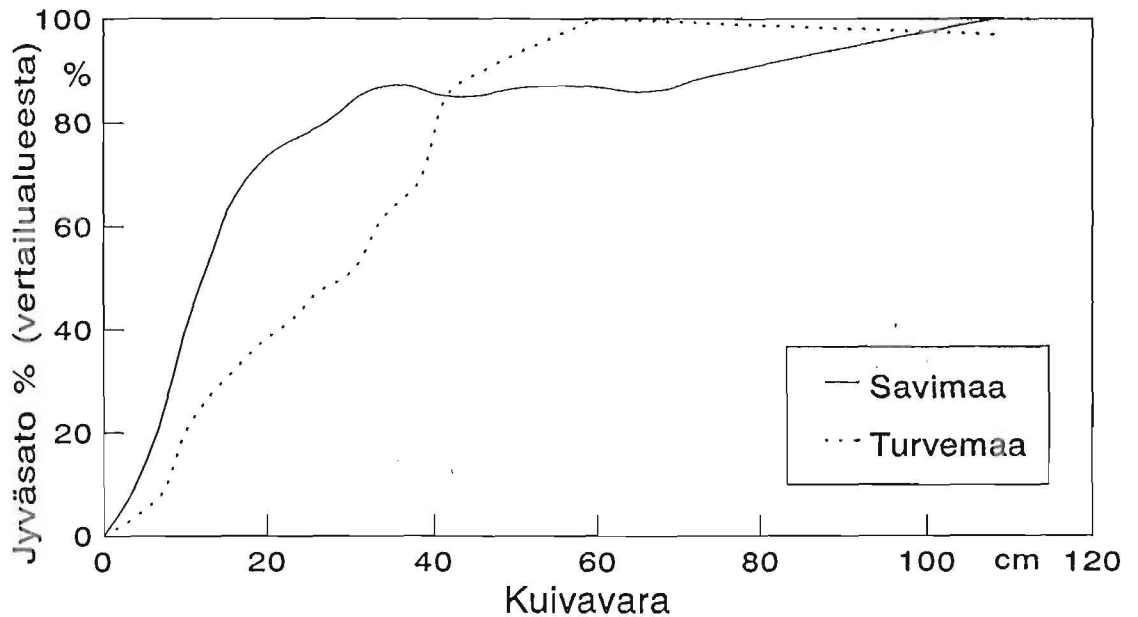
Sopiva kasvun vaatima kuivavara ja elinvoimainen kasvusto edistävät typpiravinteiden hyväksikäyttöä. Optimaalisella kuivatuksella voidaan vaikuttaa merkittävästi satoon (Hooli 1971, Feddes 1971 ja Feddes ym. 1978, Karvonen 1988). Kasvien kasvutapahtumasta sekä fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten tekijöiden vaikutuksesta satotasoon on laadittu lukuisia malleja. Suomessa aiheeseen liittyvää mallintamista on tutkinut mm. Elomaa ja Pulli (1985), Saarinen ym. (1986), Karvonen (1988) ja Rekolainen (1992). Ulkomailla maan vesitalouden mallintamista on tutkittu erittäin laajasti, mm. Skaggs (1980), Van Wijk ja Feddes (1982 ja 1986), Zaradny (1986). Visser (1958) on tutkinut pohjavesipinnan korkeuden merkitystä satotasoon. Kuvassa 10 on esitetty pellon satotaso eri pohjavedenpinnan korkeuksilla. Käyrä vaihtelee eri viljelykasveilla ja maalajeilla, mutta yleinen muoto on sama. Optimipohjavesipinnan etäisyys maanpinnasta on maalajista riippuen 60... 90 cm.

Wäre (1947) on tutkinut maan vesisuhteiden vaikutusta viljelykasvien satoiin Maasojan koekentällä Vihdissä vuosina 1939 – 1944. Tutkimuksissa seurattiin kauran, timotein ja apilan satotasoa erisuuruksilla kuivavaroilla. Lisäksi tutkittiin sadetuksen ja pohjavesipadotuksen vaikutusta apila- ja timoteisatoon. Kauran jyväsadon riippuvuus kuivavarasta on esitetty kuvassa 11. Kuivatustilan parantuminen lisää aluksi satotasoa. Mutta optimitalanteen jälkeen kuivavaran lisääntyminen vähentää satoa. Tämä johtuu kapillaarisen veden puutteesta.

Liian pieni kuivavara vaikuttaa satotasoon oleellisesti enemmän kuin liian suuri. Tämä selittyy mm. sillä, että liiallisen veden vaivaama maan juuristokerros kärsii hapen puutteesta ja mm. typen saanti vaikeutuu. Maan rakenne vaurioituu, maa tiivistyy ja biologinen eliöstö tuhoutuu tai sen toimintakyky heikkenee. Maan lämpöolosuhteet huononevat myös. Epäsuora vaikutus kasvutapahtumaan on myös sillä, että viljelytoimenpiteet eivät voi ajoittua kasvun kannalta otollisesti johtuen konetyön vaikeutumisesta.



Kuva 10. Periaatekuva pohjaveden korkeuden vaikutuksesta satotasoon kasvukaudella. (Visser 1958).



Kuva 11. Kauran jyväsadon riippuvuus kuivavarasta. Savimaalla korkea pohjavesi on aiheuttanut kaurasadolle pienemmän vahingon kuin vastaavalla korkeudella ollut pohjavesi turvemaa-alueella (Wäre 1947).

Eri tutkijat Euroopassa ja Amerikassa (Castle ym. 1984, Farr ja Henderson 1986) ovat luetelleet kuivatuksen hyötyvaikutuksia seuraavasti:

- Juuristovyöhykkeen hyvä happitalous parantaa ravinteiden ottokykyä ja kiihdyttää kasvua.
- Kuiva maa lämpiää nopeammin, kasvu lähtee nopeammin käyntiin ja kasvukausi lyhenee, korjuuajankohta aikaistuu.
- Kasvusto on tasainen ja elinvoimainen peltolohkolla.
- Monipuolinen viljely ja viljelykierto on mahdollista.
- Juuristo kehittyy voimakkaammaksi ja hyödyntää ravinteet tehokkaammin.
- Kasvit kestävät paremmin tauteja ja ovat vastustuskykyisempiä rikkakasveille ja muille tuholaisille.

- g) Viljeltävyys paranee, työmenekki ja koneiden tehontarve alenee.
- h) Maan pinnan kantavuus paranee ja tekee mahdolliseksi käyttää suurempia koneita.
- i) Nurmet ja laitumet kestävät paremmin karjan liikkumista.
- j) Karjanlannassa olevat eloperäiset tautien aiheuttajat tuhoutuvat helpommin.
- k) Kulloinkin tarvittavat viljelytoimet voidaan ajoittaa optimaalisesti.

Tuononen (1982) on kenttäkokeissaan todennut, että optimikuivavara satomäärien kannalta on ohralle noin 1,30 m ja kauralle 0,95 – 1,25 m. Minimikuivavara oli noin 0,20 m ja pellon alaraja käytännön viljelyksessä noin 0,50 m. Viljeltynä olevalla pellolla tavoitteena on 1,1 metrin kuivavara. Wesseling (1987) on esittänyt arvion eri maankäyttömuotojen vaatimista kuivavaroista Englannissa (taulukko 4).

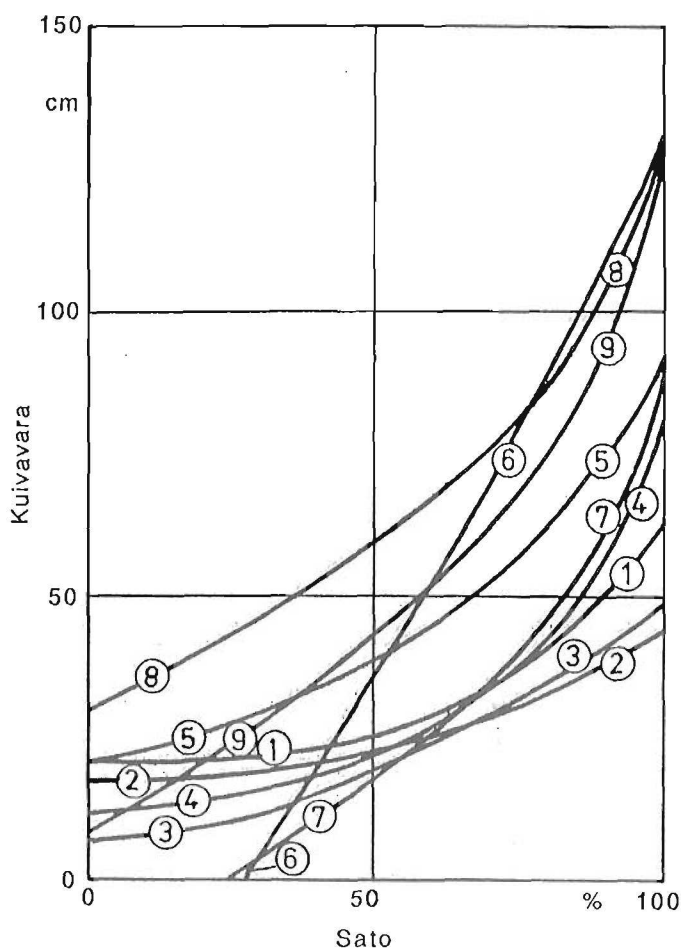
Tuonosen mukaan konetyöskentelyn kannalta riittävänä kuivavarana voidaan pitää keskimäärin 0,70 m. Konetyöskentely estyy, kun kuivavara laskee 0,30 m:iin. Työmenekki on tällöin jo kasvanut 70 %. Työmahdollisuudet riippuvat merkittävästi maalajista siten, että karkeat maalajit ovat kantavampia.

Pohjaveden kohotessa myös kapillaarivyöhyke nousee, maa tulee haitallisen kosteaksi, kestää vähemmän kuormitusta ja alkaa tiivistyä haitallisesti. Tiivistyminen lisää pintavaluntaa, heikentää kasvuolosuhteita ja sen haitalliset vaikutukset voivat kestää pitkäänkin (Tuononen 1982). Kuivatustila huononee vedenläpäisevyyden pienentyessä. Eri tutkimusten mukaan kuivavara vaikuttaa hyvin merkittävästi satotasoihin. Kuvassa 12 on esitetty kaikkiaan yhdeksän eri tutkimuksen tuloksia. Tulokset ovat toisiaan tukevia.

Peltolohkon kuivatus edellyttää yleensä sekä perus- että paikalliskuivatustoimenpiteitä. Hyvä kuivatus edellyttää yleensä, että molemmat ovat kunnossa. Kuivatusergelmiin voi olla syynä peruskuivatuksen puutteellisuus tai paikalliskuivatuksen heikko kunto tai molemmat samanaikaisesti. Pellon kuivatushyöty muodostuu kolmesta osatekijästä; sadon lisäyksestä, viljelykustannusten vähenemisestä ja sadon laadun paranemisen tuottamasta arvon lisäyksestä. Metsämaan kuivatushyöty muodostuu metsän kasvun nopeutumisesta välillisesti metsäojituksen kautta. Turvesoiden kuivatushyöty on rinnastettavissa viljeltyyn peltoon. Tiestö, asutus ja muut erityiseen käyttöön otetut alueet vaativat vähintään yhtä suuren kuivavaran kuin tehokkaasti viljelty pelto. Kuivatushyöty saattaa tapauskohtaisesti olla ratkaiseva tekijä näillä alueilla, ja on usein suuruudeltaan moninkertainen esim. peltoon verrattuna.

Taulukko 4. Hollannissa (Wesseling 1987) on arvioitu eri viljelykasvien ja maankäyttömuotojen tarvitsemia kuivavaroja seuraavasti:

Maankäyttö	Suunniteltu pv-pinnan min.syvyys ja sitä vastaava vedenjohtavuus	
	[m maanpinnan alapuolella]	[m/vrk]
Ruohikko	0,30	0,007
Viljelysmaa	0,50	0,007
Puutarha	0,60	0,010
	0,70	0,005
Mukula- ja sipulikasvit hk.maa	0,30	0,010
Mukula- ja sipulikasvit savimaa	0,50	0,007
Metsä	0,30	0,005
Urheilu- ja virkistysalue	0,80	0,010
	0,50	0,015



Kuva 12. Satomäärän riippuvuus kuivavarasta. (Tuononen 1982)

1 ohra, Saukko 1950
 2 kaura, Saukko 1950
 3 kaura, Wäre 1947
 4 kaura, Wäre 1958
 5 viljakasvit, Saukko 1979
 6 ohra, Vähäsöyrinki 1978-79, satomäärät
 7 kaura, Vähäsöyrinki 1978-79, satomäärät
 8 ohra, Vähäsöyrinki 1978-79, satomäärien muutokset
 9 kaura, Vähäsöyrinki 1978-79, satomäärien muutokset
 (6-9 kuivavara mitattu pohjaveden pinnasta)

3.3 Maaperäolosuhteet

Peltojen maalajit vaihtelevat suuresti maassamme. Yleisin maalaji on hieta. Sitä esiintyy kaikkialla, joskin suhteellisesti eniten Pohjanmaalla. Savimaiden esiintyminen muokkauskerroksessa rajoittuu maan lounais- ja eteläosien rannikkoseuduille. Savi esiintyy vallitsevana pohjamaalajina linjan Tampere-Lappeenranta eteläpuolella. Turvemaita maamme peltomaista on runsas 10 %, yleisimmin niitä esiintyy pelto- maana Lapissa ja Kainuussa. Keski- ja Itä-Suomessa peltojen vallitsevana maalajina on yleensä joko hiesu tai hiekka. Muokkauskerroksen alla olevan pohjamaan maalajijakauma poikkeaa tästä lähinnä siinä, että savi- ja turvealueet ovat jonkin verran suppeammat.

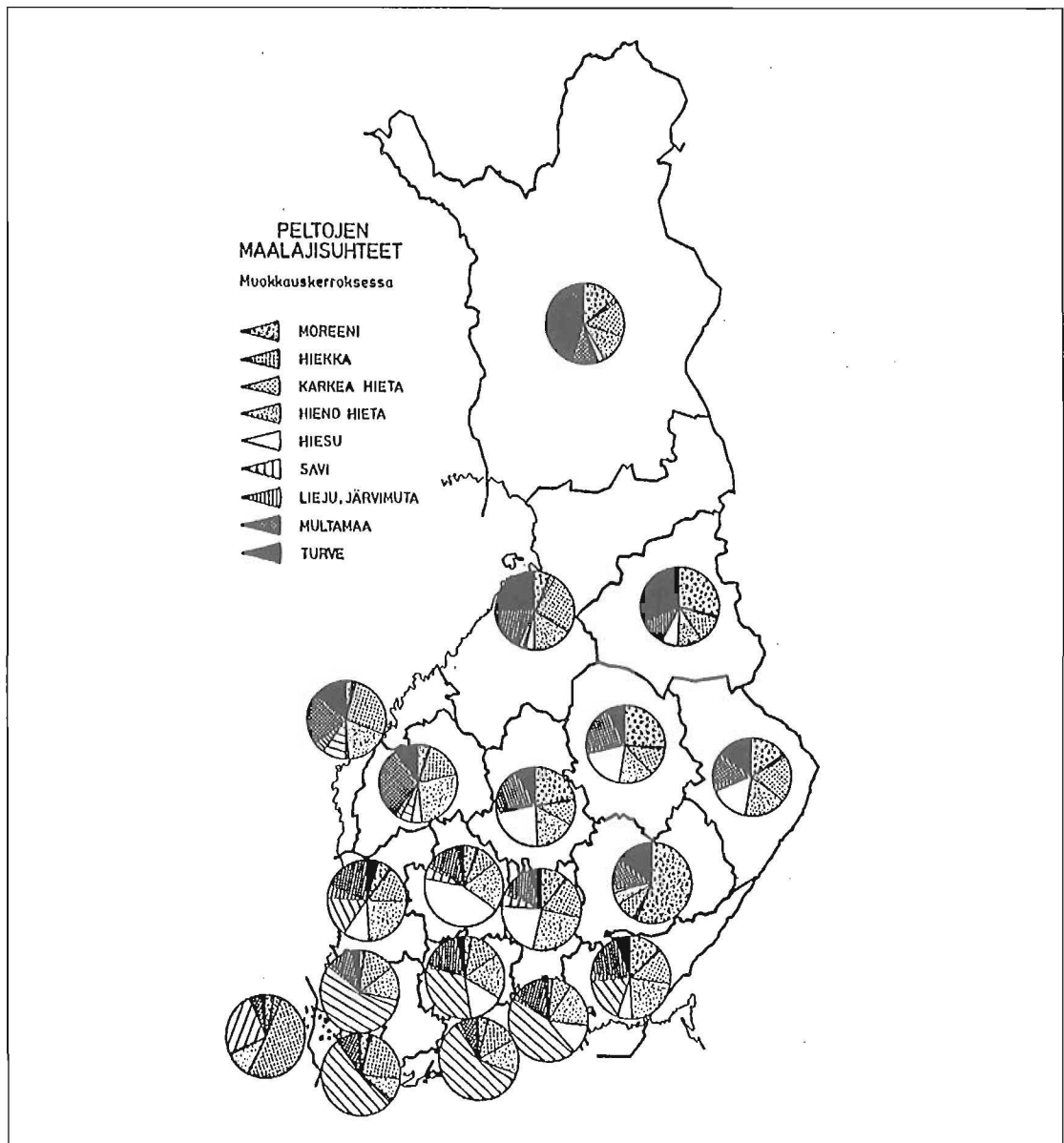
Taulukossa 5 on esitetty pellon jakautuminen suuralueittain. Kuvasta 13 ilmenevät peltojen muokkauskerroksen maalajisuhteet Suomessa Kurjen vuonna 1982 viljavuustutkimuksista tekemän yhteenvedon mukaan. Peltojen maalajisuhteista ovat myös Juusela ja Wäre (1956) esittäneet alueittaisia tietoja Suomen peltojen kuivatustilaa koskeneessa tutkimuksessaan, jossa tosin on käytetty jossain määrin erilaista maalajiluokitusta.

Maalaji on tärkeä viljavuuteen vaikuttava tekijä, joka osaltaan määrää maankäyttömuodon, kasvien sijoituksen, kuivatus-, maanparannus- ja lannoitustarpeen, lannoitusajan, muokkauksen, kylvöajan ja -tavan sekä siemenmäärän. Muokkauskerroksen ominaisuudet ovat kasvinviljelyn kannalta tärkeämmät, mutta myös pohjamaan laatu vaikuttaa olennaisesti mm. vesi- ja ravinnetalouteen. Hyviksi viljelysmaiksi luokitellaan hienot hietamaat, hieta-, savi-, aitosavi- ja liejusavimaat, lieju- ja järvimutamaat

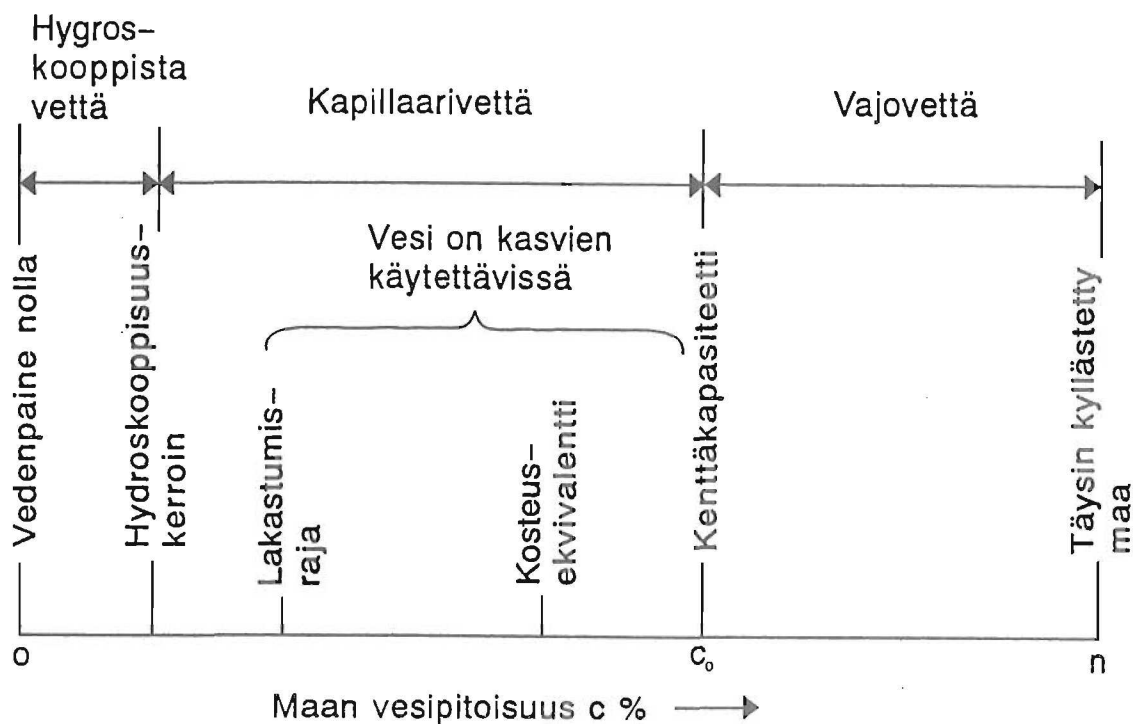
sekä multamaat. Karkea hieta on hyvää viljelysmaata, mutta kärsii etenkin rinteillä usein kuivuudesta. Hietamoreeni on kasvuominaisuuksiltaan hyvää, mutta kivisyys haittaa viljelyä. Huonoja viljelysmaita ovat rahkasuot, karkeat ja hienot hiekkamaat sekä hiesumaat. Toisaalta hiesumaan hyötykapasiteetti on paras, mutta sen sisältämä vesi on vaikeasti kasvien käytettävissä.

Taulukko 5. Peltomaan määrä Suomessa alueittain maatalouslaskennan mukaan 1.6.1990 (Maatilahallitus 1992)

Alue	Peltoa 1000 hehtaaria	Pellon osuus koko maa-alasta [%]
Etelä-Suomi	1 185	19,4
Järvi-Suomi	531	8,0
Pohjanmaa	648	15,1
Pohjois-Suomi	80	1,3
Yhteensä	2 544	11,9



Kuva 13. Peltosten muokkauskerroksen vallitsevat maalajit Suomessa (Kurki 1982).



Kuva 14. Maan vesipitoisuuden asteet ja tasapainotilat (Airaksinen 1987).

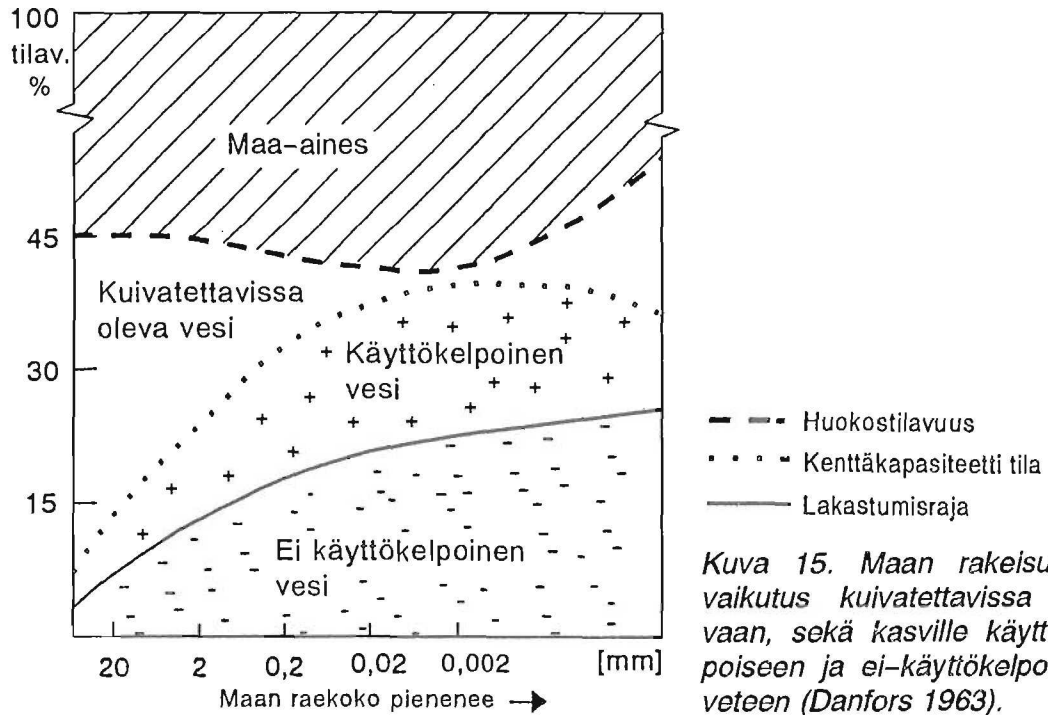
Kuvassa 14 on esitetty maan vesipitoisuuden asteet ja tasapainotilat. Kasvien käytettävissä on vesimäärä, joka on kenttäkapasiteetin ja lakastumisrajan välillä. Kenttäkapasiteetti on vesipitoisuus, joka jää maakerrokseen sen jälkeen, kun kuivatus on aiheuttanut pohjavedenpinnan alenemisen. Kenttäkapasiteetti riippuu maan raekoostuksesta ja rakenteesta. Sen pF-luku voi vaihdella 1,5 – 2,0 välillä. Lakastumisraja on vesipitoisuus, jossa kasvit pysyvästi lakastuvat veden puutteen johdosta. Silloin pF on 4,0 – 4,5 riippuen kasvista ja maalajista. (Airaksinen 1978)

Oleellista kasvien vedensaannin kannalta on maan vedenpidätyskyky. Kuivatustoimenpiteillä pohjavedenpinta pidetään yleensä tason 1,0 – 1,2 m alapuolella. Tällöin kokoluokkaa 30 μ suuremmat huokokset tyhjenevät maan pintakerroksissa ja ilma korvaa poistuneen veden. Maa on tällöin kenttäkapasiteettitilassa. Lakastumisraja kuvaa sitä kasvien kehittämän imun suuruutta, jolloin maahan sitoutunut vesi ei enää ole kasvien käytettävissä (Vakkilainen 1986).

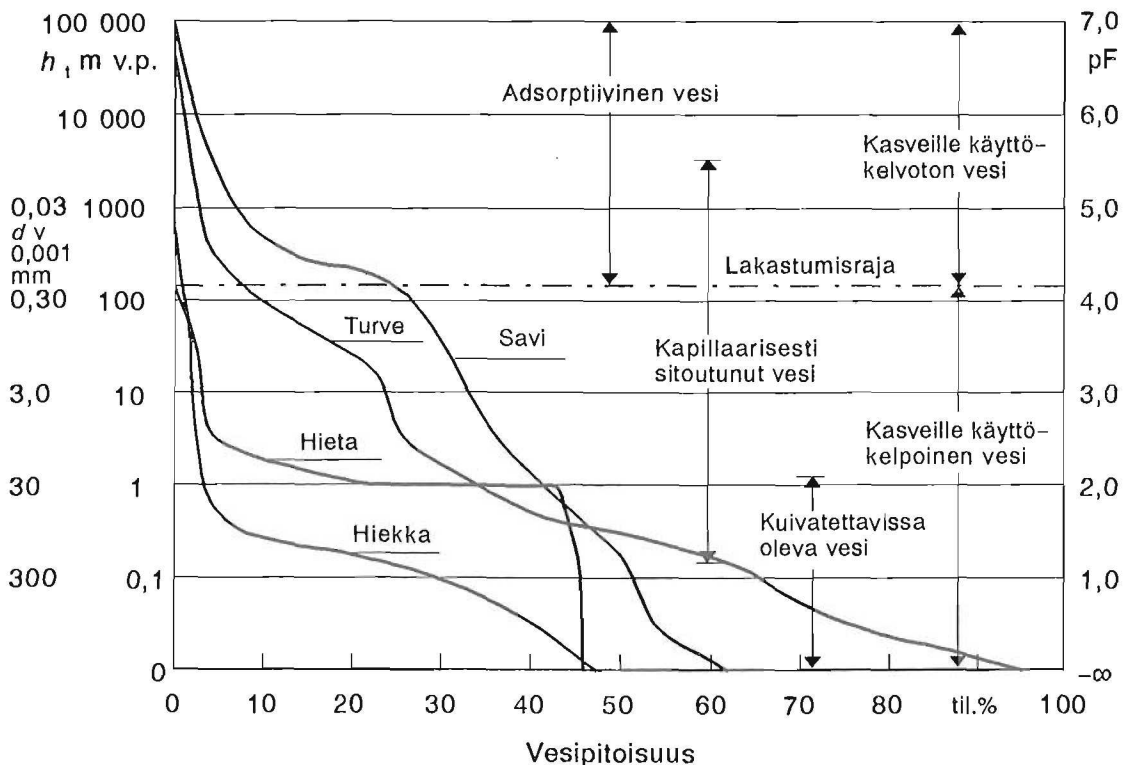
Hooli (1971) ja Seuna (1977) ovat tarkastelleet eri tutkimusten pohjalta maan hyödyllistä vesikapasiteettia, joka on riippuvainen hyvin monista tekijöistä. Kasvien käytettävissä oleva vesimäärä eli hyötykapasiteetti riippuu maan tilavuusyksikköä kohti pidättyneestä vesimäärästä. Karkeat maalajit pidättävät vähän vettä. Danfors (1963) on esittänyt havainnollisen kuvan (kuva 15) maamateriaalin, ilmatilavuuden, kasville käyttökelpoisen veden ja ei-käyttökelpoisen veden välisestä riippuvuudesta eri maalajeissa.

Hyötykapasiteetti ei ole lineaarisesti riippuvainen maan tekstuurista. Esimerkiksi saveen voi varastoitua hyödyllistä vettä vähemmän kuin hiesuun riippuen sen ominaisuuksista. Heinonen (1954) on todennut tarkastellessaan multakerroksen hyötykapasiteettia, että hiesu on tässä suhteessa paras ominaisuuksiltaan ja muut maalajit ovat seuraavassa paremmuusjärjestyksessä: hieno hieta, savi, karkea hieta ja hiekka (huonoin). Hyötykapasiteetti pienenee mentäessä hiesusta hienompaan tai karkeampaan

maalajiin. Savipitoisuuden kasvu pienentää hyötykapasiteettia. Vastaavasti turpeen lisääminen savimaahan parantaa sen vedenpidätyskykyä. Savimaiden kuohkeutus ja mururakenteen parantaminen lisäävät hyötykapasiteettia. Turvemailla onkin suuri hyötykapasiteetti kuten taulukosta 6 voidaan nähdä. Andersson (1971) on tutkinut eri maalajeilla veden sitoutuneisuutta maahan. Hänkin on todennut mm. lakastumisrajan riippuvan merkittävästi eri maalajitteiden määrästä (kuva 16).



Kuva 15. Maan rakeisuuden vaikutus kuivatettavissa olevaan, sekä kasville käyttökelpoiseen ja ei-käyttökelpoiseen veteen (Danfors 1963).



Kuva 16. Eräiden maalajien vedenpidätyskäyriä (Andersson 1971).

Taulukko 6. Eräiden maalajien kenttäkapasiteetti, lakastumisraja ja hyötykapasiteetti vesipitoisuuden tilavuuspro sentteina (Heinonen 1954, Puustojärvi 1973).

Maalaji	Kenttäkapasiteetti tilav. %	Lakastumisraja tilav. %	Hyötykapasiteetti tilav. %
Hieno hiekka, karkea hieta – $\phi = 0,06 - 0,6$ mm	26	11	15
Hieno hieta – $\phi = 0,02 - 0,06$ mm	35	15	20
Hiesu – $\phi = 0,002 - 0,02$ mm	40	18	22
Laiha-, hieta-, hiesusavi	38	20	18
Lihava savi, aito savi	41	25	16
Humusmaa	44	21	23
Musta turve	77	21	56
Vaalea rahkaturve	48	7	41

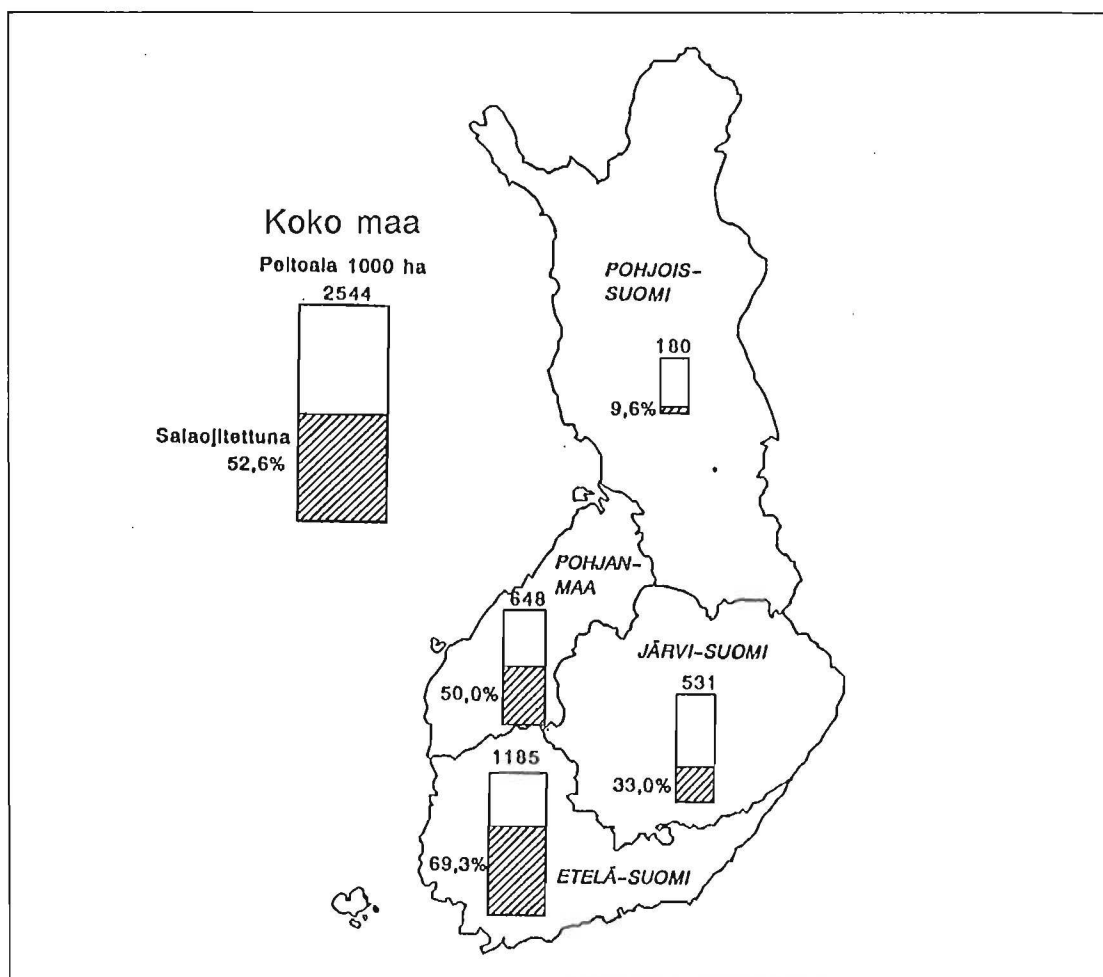
3.4 Viljelytekniikka

Kasvintuotanto on nykyisin menetelmin ja laatuvaatimuksin riskialttiimpaa kuin aikaisemmin. Kasvukauden lyhyys ja sään oikullisuus aiheuttavat varsin suuria vuotuisia vaihteluja sadon määrässä ja laadussa. Töiden sujumisen kannalta pelto- lohkojen tulisi olla salaojitettuja, muodoltaan hyviä ja kooltaan riittävän suuria. Sarkaojat laskevat työn tehokkuutta ja laatua nykyaikaisessa viljelyssä, sillä kaikki työt vaikeutuvat ojien reunoilla. Peltolohkojen muokkaus- ja korjuuajan määrää sen heikoin kohta. Se voi johtua maan huonosta kantavuudesta, mutta myös liiallisen märkyyden aiheuttamasta tuleentumisen myöhästymisestä. Huono kuivatus voi aiheuttaa myös talvehtimisvaikeuksia ja tulvat voivat levittää rikkakasvien siemeniä mm. hukkakauraa (Salaojakeskus ry 1980).

Salaojitus on sekä kuivatusteknisiin että viljelytekniisin perustein nykyaikaisen maan- viljelyksen perusedellytys maassamme, jossa vain 17 % peltopinta-alasta voidaan viljellä ojattomana. Maamme peltoalasta viljeltiin vuoden 1992 lopussa salaojitettuna yhteensä 1,34 milj.ha, mikä on 52,6% koko peltoalasta (kuva 16). Sarkaojitettuna viljeltiin noin 0,76 milj.ha (30 % peltoalasta). Ojattomana viljeltiin 0,44 milj. ha eli 17,4% peltoalasta (Salaojakeskus ry. 1992). Kuvassa 16 on esitetty salaojitustilanne vuoden 1992 lopussa.

Yksipuolinen viljanviljely, tehokkaat ja painavat koneet ja kova maanmuokkaus aiheuttavat maan tiivistymistä ja salaojitettujen peltujen kuivatuksen heikkenemistä (Puustinen 1992)

Viljelytöitä on tarpeen edelleen rationalisoida, mm. maatalouden koneita pitää suurentaa jatkuvasti. Tämän kehityksen seurauksena taloudellista maataloutta voidaan harjoittaa vain riittävän kookkailla tiloilla ja salaojitetuilla peltolohkoilla.



Kuva 17. Salaojitustilanne suuralueittain vuoden 1992 lopussa (Salaojakeskus 1992).

3.5 Maankuivatuksen tarve ja tuleva kehitys

Peruskuivatuksen tuleva tarve riippuu hyvin monista tekijöistä. Ne voidaan luettelonomaisesti esittää seuraavasti:

- Suomen maatalouspoliittiset tavoitteet sekä liittyminen Euroopan yhteisöön ja sen mukanaan tuoma maatalouspolitiikka.
- metsätalouden tarpeet
- maisemanhoidon ja ympäristönsuojelun tarpeet
- rakennetun ympäristön ja turveteollisuuden tarpeet
- ilmasto-olosuhteitten muutosten vaikutukset.

Maatalouspolitiikan keskeisenä tavoitteena on huolehtia maataloudesta toimeentulonsa saavien ihmisten ja alueiden työllisyydestä, toimeentulosta ja maaseudun asuttuna pitämisestä. Näihin voidaan vaikuttaa tuotanto-, rakenne- ja tulopolitiikan keinoin. Edellä mainittujen tekijöiden perusteella on ilmeistä, että aktiivikäyttöön jää Suomessa peltoalaa 1,5 – 2,2 milj. hehtaaria. Tämä on tarpeen myös riittävän omavaraisuuden turvaamisen kannalta. Suomen EU-ratkaisun puitteissa tämä näyttäisi olevan mahdollista.

Viljanviljely saattaa supistua oleellisesti. Tilalle tulee osittain erikoistuotantoa. Myös siirtymistä karjatalouteen saattaa tapahtua Pohjanmaalla ja Varsinais-Suomessa. Peruskuivatus tulee olemaan vanhojen hankkeiden kunnossapitoa sekä salaojituksen, ympäristönsuojelun ja -hoidon vaatimuksiin perustuvaa.

Suomessa harjoitettava maaseutupolitiikka tulee vaikuttamaan merkittävästi peltojen viljelyyn. Aktiivikäytössä oleva peltoala sekä viljelyn muoto ovat riippuvaisia tästä. Maaseutupolitiikan sisältöön vaikuttaa Suomen valtion talous, työllisyys- ja ympäristönäkökohdat sekä eri alueiden aluepolitiikan sisältö. Kaikista merkittävin vaikutus tulevaisuudessa tulee olemaan Euroopan yhteisön maatalouspolitiikalla.

Euroopan yhteisössä (Asetus 2078/92) on hyväksytty ympäristön ja maisemanhoidon tukea koskevat periaatteet, jonka perusteella mm. Euroopan yhteisön tukea voidaan saada maaseudun peruspalveluvarustukseen ja ympäristöhoitoon. Tukea voi saada maatalousmaan kunnossapitoon, siis mm. peruskuivatukseen, kesannointiin, maisemanhoitoon, ympäristönsuojeluun jne.

Jos lähivuosina maaseutupolitiikka ja siihen liittyvä rahoitustoiminta on aktiivista, on myös peruskuivatuksen kunnossapidon tarve jatkuvaa. Peruskuivatuksen tarvetta selvittäneen maa- ja metsätalousministeriön työryhmän raportin (Maa- ja metsätalousministeriö 1990) mukaan vireillä olevien maankuivatustöiden määrärahatarve on yli 300 Mmk. Näiden töiden mukainen peruskuivatusala on noin 85 000 hehtaaria (noin 1000 hanketta) eli noin 5 % viljelyksessä vuonna 1993 olleesta peltoalasta.

Metsätalouden kuivatustarpeet perustuvat mm. Suomen metsäteollisuuden tulevaan kilpailukykyyn ja laajuuteen. Metsien puuvarojen turvaaminen on ollut harjoitetun metsätalouspolitiikan lähtökohta. Metsäojitustoiminnan kehittymistä tätä taustaa vasten on tarkasteltu edellä kohdassa 2.2. Metsätalouden tarpeet on otettava huomioon peruskuivatuksen tarvearvioinnissa sekä suunnittelussa. Peltoviljelyn tarvitsemat valtaojat ovat suurelta osin myös metsäojitusverkoston lasku-uomia. Näin ollen myös tulevaisuuden metsätalouden tarpeet tukevat osaltaan valtaojaverkoston kunnossapidon tarvetta.

Maaseutumaiseman monimuotoisuudesta ja sen säilyttämisestä on alettu kantaa entistä enemmän huolta. Maatalouden liian äkillisestä supistamisesta ja tilojen autoitumisesta saattaa seurata haitallisia vaikutuksia maaseutuympäristölle. Ruotsissa oltiin jo vuonna 1972 huolestuneita maaseutuympäristöstä maataloustuotannon supistumisen ja kaupungistumisen seurauksena (Grebing 1972). Vesistöjen, purojen ja valtaojien hyvän kunnon todettiin olevan eräs perustekijä maaseutumaisemassa ja sen muotoutumisessa. Maaltamuuton ja viljelystä luopumisen seurauksena laskee kylien taloudellinen aktiviteetti ja into hoitaa mm. kuivatusverkostoa ja viljelyksiä. Vesiväylät pensoittuvat ja kasvavat vähitellen umpeen. Seurauksena saattaa olla tulvimista ja rakennetun ympäristön vaurioitumista paikalliskuivatuksen häiriöiden vuoksi. Edellä mainituista syistä sekä virkistys- että matkailunäkökohtien vuoksi myös peruskuivatus kannattaa pitää kunnossa jatkuvasti.

Valtaojaverkosto toimii pelloilta ja muilta ympäröiviltä maa-alueilta tulevan kuormituksen vastaanottajana ja kuljetusväylänä. Ruotsissa kiinnitettiin tähän huomiota jo vuonna 1971, jolloin Andersson ja Håkansson selvittivät eri tekijöiden vaikutusta veden laatuun ja veden virtaukseen valtaojissa ja puroissa. Heidän mukaansa uomien umpeenkasvu johtui pääsääntöisesti ravinteiden huuhtoutumisesta. Heikentynyt uomien vedenjohtokyky aiheutti tulvimista ja ravinteiden huuhtoutumista pelloilta, mikä taas osaltaan aiheutti vahinkoa maataloudelle. Kuivatusverkoston kunnostukseen liittyvät kaivutyöt saattavat aiheuttaa työnaikaisia haittoja, jotka yleensä jäävät kuitenkin lyhytaikaiseksi. Ympäristön huomioonottamista kuivatustoiminnassa on käsitelty tarkemmin kohdassa 3.6.

Rakennetun ympäristön elementtejä ovat mm. tieverkosto ja rakennetut alueet. Ne vaativat hyvän kuivatuksen. Yleensä kuivavaran tulee olla samaa suuruusluokkaa kuin salaojitetulla pellolla eli 1,0 – 1,2 m. Heikoilla maapohjilla kuivavaran tulee olla jopa tätäkin suurempi (Tielaitos 1993).

Turvetuotannon kuivatusvaatimukset vaikuttavat kuivatustarpeeseen erityisesti Pohjanmaalla. Huomattava osa maamme turvesoista sijaitsee Oulun läänissä, missä vuonna 1992 tuotettiin turvetta noin 18 200 hehtaarin alalla. Siitä noin 14 000 hehtaaria oli Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueella (Pohjois-Suomen vesitutkimus-toimisto 1993). Kuivatustarvetta lisää se, että turvetuotantoalueiden ojat ovat syvemmät ja ojia on tiheämmässä kuin metsäojituksessa, ja että ojasto pidetään kunnossa ja tuotantokentän pinta paljaana koko 10 –20 vuotta kestävän tuotannon ajan. Turvetuotantoalueita tulee olemaan laajimmillaankin käytössä noin 0,1 milj. ha, kun esimerkiksi metsäojituksen piirissä on jo 6 milj. ha.

Mahdolliset **ilmastomuutokset** näkyvät sään ääri-ilmiöiden ja niistä johtuvien tulvien ja kuivuuden tiheämpänä toistuvuutena. Suomen ilmastomuutosten luonne on vielä epävarmaa muutoinkin. Arvola (1993) on esittänyt, että todennäköisimmän vaihtoehdon mukaan lämpötilan nousuvauhti olisi suuruusluokkaa 0,4 °C kymmenessä vuodessa. Hän arvioi, että lämpimien vuosien määrä kasvaa ja kylmien vähenee. Sadannan kehitys on maatalouden kannalta epäedullinen. Satunnaisten paikallisten kaatosateiden riski kasvaa. Pahat kevättulvat saattavat lisääntyä. Vastaavasti tulvat voivat aikaistua. Maan eroosio saattaa lisääntyä. Em. tekijöitä on tarkemmin tarkasteltu kohdassa 3.8.

3.6 Ympäristönsuojelu ja -hoito

Suomessa on julkaistu lukuisia maataloutta, vesirakentamista ja peruskuivatusta käsitteleviä, vesien- ja ympäristönsuojelun ohjeita sekä suosituksia. Seuraavassa on mainittu tuoreimmat aihetta koskevat julkaisut.

Ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö perustivat 22.2.1988 yhteistyöprojektin, niin kutsutun MAVERO-projektin, maataloudesta vesiin kohdistuvaa kuorimitusta ja sen vähentämistä koskevan tutkimuksen tehostamiseksi. Tutkimusprojektin yhteenveto "Maatalous ja vesien tila" on julkaistu vuonna 1992 luonnonvarajulkaisuja-sarjassa (Rekolainen ym. 1992).

Ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö vahvistivat maaseudun ympäristöohjelman 17.11.1992 (Ympäristöministeriö 1992). Ohjelma sisältää peruskuivatuksen suunnittelua ja rakentamista koskevia kohtia. Vesistökuormituksen vähentämistä peruskuivatuksissa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa "Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa" (Vesi- ja ympäristöhallitus 1993). Maa- ja metsätalousministeriö on laatinut "Hyvät viljelymenetelmät" –suosituksen maaseudun ympäristöohjelman pohjalta (Maa- ja metsätalousministeriö 1993).

Vesi- ja ympäristöhallitus on julkaissut ohjeet, "Putkiojien suunnittelu" (Heino ym. 1990), "Vesirakennustyön haittojen vähentäminen" (Sierla ja Schultz 1991) ja "Maise-manhoito vesistö rakentamisessa" (Kurttila 1991). Metsäkeskus Tapio on laatinut oppaan "Metsätalouden vesiensuojelu" (Joensuu ja Kokkonen 1992).

Valtioneuvoston periaatepäätös vesiensuojelun tavoiteohjelmasta vuoteen 1995 mennessä asettaa velvoitteita myös turvetuottajille. Valtion energiapoliittisen ohjelman

(1983) mukaan turpeen polttokäyttöä pyritään lisäämään tasolle 20–30 milj.m³ vuodessa vuoteen 1995 mennessä. Tämä merkitsee sitä, että soita olisi kuivatettava keskimäärin 5000–7000 ha vuodessa (Maa- ja metsätalousministeriö 1987). Turvesoiden kunnostuksen ja turvetuotannon seurauksena muuttuvat sekä valumavesien valuntaolosuhteet että veden laatu. Vesi- ja ympäristöhallitus on julkaissut turvetuotannon valvontaohjeen nro. 64 (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991).

Peruskuivatuksella voi olla välittömiä tai välillisiä vaikutuksia vesistökuormitukseen. Siihen voidaan vaikuttaa erilaisilla suojelutoimenpiteillä. Näitä on tarkasteltu lyhyesti seuraavassa (Vesi- ja ympäristöhallitus 1993):

Peruskuivatuksen suunnittelu- ja vesiensuojeluohjeiden noudattaminen

Ympäristönsuojelun ja -hoidon huomioonottamista peruskuivatushankkeissa on käsitelty mm. maankuivatuksen suunnitteluohjeissa (Vesihallitus 1986), putkiojen suunnitteluohjeissa (Heino ym. 1990), kuivatuksen suunnittelua happamilla sulfaattimailla koskevassa selvityksessä (Palko ym. 1988) sekä peruskuivatuksen suunnittelua, valvontaa ja ohjausta koskevassa raportissa (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991).

Hakkola ja Puustinen (1990) ovat todenneet, että riittämätön kuivatus tai kuivatusjärjestelmien huono toimivuus lisäävät kuormitusta, jos viljelytoimet on mitoitettu hyvän kuivatuksen edellyttämälle tasolle.

Uomaeroosion vähentäminen

Uoman linjauksella, virtausnopeuden ja luiskien kaltevuuden säätelyllä, eroosiosuojauksilla ja putkiojen käytöllä päästään merkittäviin vesistökuormitusta vähentäviin vaikutuksiin.

Suoja-alueiden käyttö

Kasvillisuus hidastaa pintavaluntaa, kiintoainesta ja ravinteita pidättyy suoja-alueen maaperään ja kasvillisuuteen. Suoja-alueet jaetaan niiden leveyden mukaan pientareeseen (0,6–1,0 m), suojakaistaan (1–5 m), suojavyöhykkeeseen (5–10 m) ja rajoitusvyöhykkeeseen (rajoitettu viljely). Suoja-alueen leveyteen vaikuttavat tekijät ovat maalajin vedenläpäisykyky, viettosuhteet, maanmuokkaus, viljelty kasvilajike, vesistökohtaiset ja uoman kunnossapidon tarpeet.

Uoman kiintoaineksen vähentäminen

Laskeutusaltailla, kosteikoilla, pintavalutuksella ja työnaikaisilla järjestelyillä voidaan vähentää uomassa kulkeutuvaa kiintoainesta ja ravinteita.

Ravinteiden huuhtoutuminen

Toimiva peruskuivatus mahdollistaa salaojittamisen ja varmistaa salaojituksen toimivuuden. Seuna ja Kauppi (1981) ovat tutkineet salaojittamisen vaikutuksia Hovin kocalucella. Salaojitus vähentää pintavaluntaa lukuunottamatta lumen sulamisaikaa ja aikaa, jolloin maa on roudassa. Salaojitus vähensi sulakauden ylivalumia. Hovin alucella salaojitus aiheutti kokonaistypen ja nitraattitypen huuhtouman lisääntymistä. Salaojitus lisäsi nitraattitypen osuutta kokonaistypestä, koska vesi kulkee maakerrosten läpi salaojiin. Kokonaistypen vesistökuorma kasvoi 52 – 410 % ja nitraattitypen osalta 106 – 840 %. Kokonaisfosforin osalta selviä muutoksia ei havaittu. Em. perusteella

peruskuivatus saattaa välillisesti vaikuttaa typpihuuhtoumien kasvuun. Kokonaisvaikutusta vähentää kuitenkin se, että toimiva kuivatus edesauttaa kasvien kykyä sitoa ravinteita ja siten vähentää huuhtoutumia. Oikein mitoitettut suojakaistat ja kasvipeite vähentävät pintavalunnan mukana kulkeutuvaa eroosioainesta ja maa-ainekseen sitoutunutta fosforia.

Happamuushaittojen vähentäminen sulfaattimailla

Sulfaattimaiden seikkaperäinen kartoitus, neutralointitarpeen määrittely, kuivatusten jaksottaminen sekä suunnittelutekniikka ovat tärkeitä osatekijöitä, kun halutaan vähentää vesistökuormitusta (Palko ym. 1988).

Maaperän ja vesistön väliset yhteydet ovat vaikutuksiltaan merkittäviä. Hartikainen (1992) on maataloutta ja ympäristönsuojelua koskevassa kirjoituksessaan todennut mm., että huonot viljelymenetelmät rasittavat kohtuuttomasti ja johtavat ympäristöongelmiin. Eroosio, maaperän suolautuminen ja myös autioituminen ovat pahenevia ongelmia. Ilmansaasteet ja kasvihuoneilmiön mahdolliset vaikutukset lisäävät ongelmia.

Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä tutkittiin vuonna 1993, miten ympäristönsuojelu on otettu huomioon peruskuivatushankkeiden toteutuksessa. Tutkimusaineistona oli 109 Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä 1980- ja 1990-luvuilla toteutettua peruskuivatushanketta. Ympäristöhaittojen vähentämiseksi suunnitellut toimenpiteet olivat lähinnä kaivumaiden kalkitusta, pohjapatoja ja uomien eroosiosuojauksia. Maankuivatukseen liittyviä ohjearvoja ei suunnittelussa aina noudatettu (Pietarinen 1993). Kiintoainesta irtautui virtauksen mukaan uomaeroosiosta, joka aiheutui sortumista ja maalajiin nähden liian jyrkistä luiskista.

Edellä on viitattu MAVERO:n loppuraportissa esitettyyn tutkimustarpeeseen, jonka mukaan kestävän maa- ja metsätalouden laajuus ja vesiensuojelu, ympäristövaikutusten arviointi ja kuormituksen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet vaativat kukin lisää tutkimustietoa. Osaltaan näiden kysymysten ratkaisemista varten tarvitaan perustietoa Suomen peltojen kuivatustilasta, jota jäljempänä erityisesti valtaojituksen osalta tarkastellaan.

3.7 Peruskuivatuksen toimivuus ja siihen vaikuttavat muutostekijät

Virtausvastuksen tunteminen on oleellista laskettaessa uoman vedenjohtokykyä ja kuivatuksen toimivuutta. Jos virtausta aiheuttava ja vastustava voima ovat yhtä suuret, virtausta kutsutaan tasaiseksi virtaukseksi. Tällöin veden virtausnopeus pysyy samana joka poikkileikkauksessa ja veden pinta säilyy yhdensuuntaisena uoman pohjan kanssa. Täysin tasainen virtaus on luonnonuomissa harvinainen, mutta tulvauomissa sitä esiintyy ja luonnonuomissakin virtaus muuttuu tasaisemmaksi virtaaman kasvaessa. Avouomat voidaan useimmiten mitoittaa tasaisen virtaustilanteen mukaan. Avouomavirtauksen laskentamenetelmissä käytettävät virtausvastuskertoimet ovat joko kokemukseräisiä tai niihin sisältyy kokeellisesti määritettävä kerroin (Hosia 1973, Vesihallitus 1986).

Manningin kaava on ollut yleisimmin käytetty avouomavirtauksen virtausvastuskaava.

Manningin kaava on $v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$, missä

v = veden virtausnopeus (m/s)

M = Manningin kerroin = $1/n$, missä n on karkeuskerroin

R = hydraulinen säde (m), joka saadaan, kun vesipöikkipinta-ala A (m²) jaetaan märkäpiirillä p (m).

I = uoman pituuskaltevuus (esim. 10 cm / 100 m = 0,0010).

Eri yhteyksissä ja lähdeoteoksissa käytetään Manningin kerroin -nimitystä sekä M -kertoimesta, että sen käänteisluvusta n :stä ($n = 1/M$). Tässä tutkimuksessa Manningin kertoimella tarkoitetaan M -kerrointa, ja mm. Hosian (1980) tutkimuksissaan käyttämä käänteisluku n ja siihen liittyvät asiayhteydet on muutettu vastaamaan M -kerrointa.

Manningin kertoimen laskeminen

Manningin kerroin vaihtelee suuresti olosuhteiden mukaan ja on samassakin uomassa eri virtaustilanteissa erilainen. Cowan on vuonna 1956 kehittänyt menetelmän, jolla uoman virtausvastukseen vaikuttavat olosuhteet otetaan huomioon viidellä uoman kuntoa kuvaavalla tekijällä (mutkaisuus, kasvillisuus, poikkileikkauksen epäsäännöllisyys, supistavat esteet ja pinnan epätasaisuus).

Cowanin menetelmällä saadaan Manningin kertoimen käänteisluku n kaavalla:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5, \text{ jossa}$$

n_0 = karkeuskertoimen perusarvo; saa arvoja 0,020 – 0,028

n_1 = pinnan epätasaisuudesta aiheutuva tekijä; saa arvoja 0,0 – 0,020

n_2 = poikkileikkauksen epäsäännöllisyydestä aiheutuva tekijä; saa arvoja 0,0 – 0,015

n_3 = supistavien esteiden vaikutus; saa arvoja 0,0 – 0,060

n_4 = kasvillisuudesta aiheutuva tekijä; saa arvoja 0,005 – 0,100

m_5 = mutkaisuudesta aiheutuva korjauskerroin ; saa arvoja 1,0 – 1,3

Cowanin menetelmä ei ota huomioon virtaustilanteen vaikutusta Manningin kertoimeen. Maataloushallituksen insinööriosaston vesiteknillisen tutkimustoimiston toimesta suoritettiin kesällä 1954 mittauksia, joista saatujen tulosten avulla oli tarkoitus määrittää erilaisten pieneköjen uomien virtausvastuskerroin suomalaisissa olosuhteissa. Mittaustulokset ja niistä lasketut Manningin kertoimen lukuarvot esitti Saari diplomityössään vuonna 1955. Hosia (1980) on analysoinut uudelleen mittaustulokset ja eritellyt sekä Manningin kertoimen että yleisen virtausvastuskertoimen (f) riippuvuuden Re -luvusta ja uomien pysyvistä ominaisuuksista.

Hosian mukaan yleinen virtausvastuskerroin määritellään seuraavasti:

$$f = 8 \cdot g \cdot n^2 / (R^{1/3})$$

Laskentakaava ottaa huomioon virtausolosuhteiden vaihtelun virtausvastukseen.

Tutkimusten mukaan virtaustilanne vaikuttaa selvästi virtausvastuskertoimen lukuarvoon. Manningin kerroin pienenee pienillä Reynoldsin luvun arvoilla, jotka vastaavat alivirtaamien aikaista tilannetta. Tällöin uomajaksojen yksilölliset erot korostuvat ja virtauksen epätasaisuuden vaikutus virtausvastusarvoon lisääntyy. Vastuskertoimen lukuarvo yleensä kasvaa, kun virtaaman johdosta hydraulinen säde kasvaa.

Hosia (1980) on todennut, että suurilla Re -luvuilla saatavat Manningin kertoimen lukuarvot vastaavat aikaisemmissa tutkimuksissa annettuja Manningin kertoimien

lukuarvoja. Pienillä Re-luvuilla saadut Manningin kertoimet sen sijaan ovat aikaisemmin julkaistuihin lukuarvoihin nähden huomattavasti pienempiä.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin, laajaan peltojen kuivatustilatutkimuksen aineistoon perustuen, eri virtausvastuskertoimien laskentamenetelmiä, sekä kehitettiin uusi ns. uoman kuntoindeksi. Menetelmät on selostettu kohdassa 4.3.

Maan painumien ja kulumisen

Maijala (1992) on tutkinut kuivattujen peltoalueiden painumista kahdeksassa eri kohteessa. Painumista on seurattu kahdessa jaksossa; vuosina 1954–1962 ja vuosina 1986–1991. (Vuosien 1954–1962 tutkimukset ovat Korhosen (1963) tekemiä.) Kohteista kuusi oli kuivatettuja järvenpohjia, yksi oli entistä merenlahtea ja yksi alavaa joen rantaa. Maijalan työn varsinaisena tarkoituksena oli testata maan kokoonpuristuvuusominaisuuksien selvittämistä (ödometrikoe) painumalaskelmilla sekä verrata niiden "oikeellisuutta" maastossa tapahtuneisiin pitkäaikaisiin painumahavaintoihin.

Viljelysmaaksi kuivattu alue painuu pääasiallisesti pohjaveden pinnan alentumisen johdosta, kun alkuperäisen pohjavedenpinnan alapuoliset maakerrokset tiivistyvät (konsolidaatio). Konsolidaatiopainuman osuus kokopainumasta on todettu olevan 70 – 80 %. Maanpinnan ja alennetun pohjavesipinnan väliin muodostuu kuivakuorikerros. Tällöin maa kuivuu ja kutistuu, mikä myös ilmenee maanpinnan painumisena. Kuivakuorikerroksen muodostuminen aiheuttaa painuman, jonka osuus kokonaispainumisesta on huomattava varsinkin silloin, kun pohjavedenpinta on ennen kuivatusta ollut maanpinnan tasossa tai sen yläpuolella. Kuivakuorikerroksen muodostumisesta aiheutuva painuma vaihtelee kuivavarasta ja maalajista riippuen 5 – 50 cm. Maanpinnan painumista tapahtuu lisäksi kulumisen, eroosion ja työkonien aiheuttaman tiivistysvaikutuksen johdosta. Kulumista tapahtuu pääasiallisesti humuksen lahoamisen seurauksena. Yleensä lahoamisen suuruudeksi arvioidaan 2 % humuksen määrästä vuosittain.

Kulumisen ja eroosion aiheuttaman painuman suuruus on vain muutama millimetri vuodessa. Raskaiden työkonien aiheuttamaa tiivistymistä ja sen vaikutusta viljelyominaisuuksiin (mm. ojituksen toiminnan heikentyminen, satotappiot) ovat tutkineet mm. Alakukku 1989 ja Aura 1990.

Maijalan tutkimuskohteissa pohjavesipinta oli ollut ennen kuivatusta maanpinnan tasossa (tai sen yläpuolella). Alueet oli pidetty kuivana pumpaamalla 30–50 vuotta. Tutkimuskohteiden maalajit olivat savea, liejusavea tai liejua, humuspitoisuuden ollessa 6–30 %. Kuivavara (maanpinta–pohjavesipinta) tutkimuspisteissä oli suurimmillaan 1 metri, mutta maalajien hienojakoisuudesta johtuen kapillaarinen vesi nousi osassa pisteistä maanpintaan asti.

Yleensä havaittu painuma oli suurempi kuin laskettu konsolidaatiopainuma. Tämä selittyy sillä, että havaitut painumat sisältävät kaikki mahdolliset painumalajit (konsolidaatiopainuman, kuivakuoren muodostumisesta johtuvan painuman sekä työkonien, kulumisen ja eroosion aiheuttamat painumat). Tulosten hajonta kasvoi painuman kasvaessa. Eroosio tasaisilla mailla on 100–300 kg/ha/vuosi. Tutkimuksen vesijätömailla ei pintavesieroosiota tapahtunut juuri ollenkaan peltojen tasaisuudesta johtuen.

Laskettujen konsolidaatiopainumien ja maastossa havaittujen painumien välillä oli melko selvä vuorosuhde. Tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Lasketut ja havaitut painumat. S_{jakso} = tutkimusjaksolle laskettu painuma (cm), S_{koko} = laskettu kokonaiskonsolidaatiopainuma (cm), Havaittu = tutkimusjaksolla havaittu painuma (cm). (Maijala 1992).

Kohde	Jakso	Maalaji	Kuivavara cm	S_{jakso} cm	S_{koko} cm	Havaittu cm
1.	1959–91	Lj	70	103	124	140
			90	125	151	
2.	1961–87	Lj+LjSa	60	60	70	64
			80	72	84	
3.	1959–91	Lj	60	105	107	110
			100	138	141	
4.	1954–86	Lj+LjSa	75	42	61	45
			85	50	72	
5.	1954–87	Lj+Ht+LjSa	80	56	71	80
			100	69	88	
6.	1962–87	Lj+LjHs	60	39	48	62
			80	48	59	
7.	1942–87	Lj+LaSa	60	79	84	170
			100	107	114	
8.	1947–87	Lj+LaSa	75	91	114	105
			100	118	147	

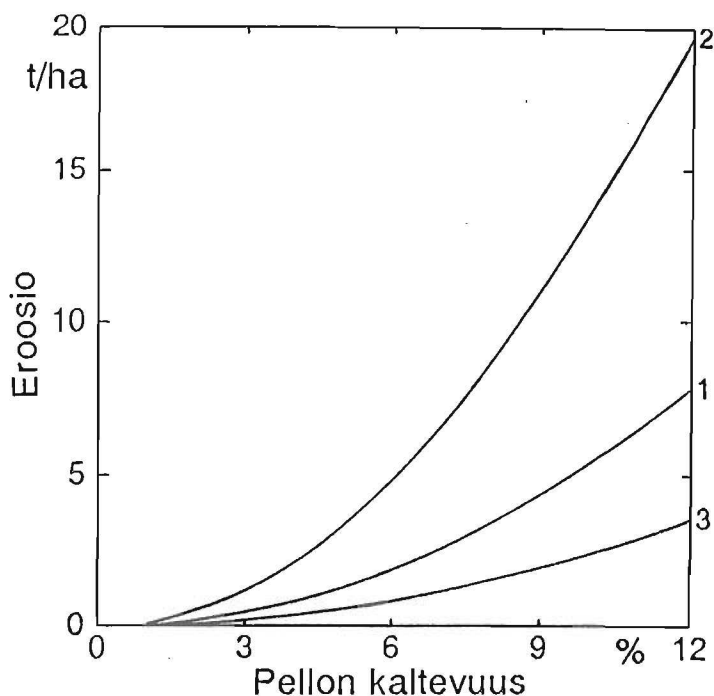
Peltokuvion painuminen yleensä jatkuu, vaikka kuivavara säilyy ennallaan. Yhtenä syynä siihen on, syntyvä kierre; maan painuessa pohjaveden pintaa joudutaan, kuivavaran pienentyessä liikaa, laskemaan vähä vähältä kuivatuksen tehostamisen tai pumppauksen avulla, mikä taas toisaalta aiheuttaa painumista. Vanhoilla peltokuvioilla ei koneiden tiivistysvaikutuksella ole enää samaa merkitystä painumiseen kuin pellon alkuvaiheissa. Maanpinnan kuluminen ja eroosio jatkuvat entisen suuruksina.

Liejumailla maanpinnan lasku aiheutuu pääasiassa pohjaveden alapuolella olevien kerrosten puristuessa ja jonkin verran kuivuvan kerroksen kutistumisesta johtuen (Huikari ym. 1963). Vesijättömailla voi kuivakuorikerroksen muodostumisesta johtuva painuma olla jopa 0,5 m. Jos tavoitellaan 1,0 m:n pysyvää kuivavaraa, on kuivatuksen yhteydessä tavoiteltava 1,5 m:n kuivavaraa.

Eroosio

Eroosioherkkyys riippuu maanpinnan kaltevuudesta, kasvipeitteestä, maa-aineksen raakoista ja sen tekstuurista, kosteustilasta ja vedenläpäisevyydestä. Raekoon kasvu vähentää eroosiota. Toisaalta hyvin hienot maalajit, kuten savi, ovat vähemmän erodoituvia kuin karkeampi aines (esim. hieno hieta). Kosteuden väheneminen lisää eroosiota, kun koheesio vähenee. Kasvillisuus sekä vaimentaa sadetta, että sitoo maan pintakerroksia. Orgaaninen aines lisää maahiukkasten sitoutuneisuutta toisiinsa. Myös kasvien juuristo sitoo maan pintakerrosta. Huuhtoutuneen kiintoaineksen määrä voi olla Lounais-Suomessa rinnepellolla 2000 – 3000 kg/ha vuodessa. Sateisinä vuosina huuhtouma voi nousta jopa 7000 kg/ha vuodessa. (Mansikkaniemi 1982)

Kuvassa 18 on esitetty kaltevuuden vaikutus eroosioon savi-, hiesu- ja hietapelloilla.



Kuva 18. Kaltevuuden vaikutus eroosioon savi-, hiesu- ja hietapelloilla (1=savi, 2=hiesu, 3=hietta) (Rekolainen 1992).

Metsäojituksista on aiheutunut haittoja alapuolisten purojen ja valtaojien varsilla oleville viljelyksille. Metsäojien syöpmisen seurauksena alapuoliset uomat ovat liettyneet ja rehevöityneet. Tällöin uomien vedenjohtokyky heikkenee ja peltojen peruskuivatustila huononee. Ahtiaisen tutkimusten (1990) mukaan kiintoaineksen vuosikulkeumat voivat kohota metsäojitetuilla alueilla heti ojituksen jälkeen useaan tuhanteen kiloon neliökilometriltä vuodessa. Ojitustapa, ojituksen ajankohta ja maalaji ovat merkittäviä tekijöitä kiintoaineksen huuhtoutumisessa (Ahtiainen 1990). Kiintoaineen kuolkeutuminen on suurimmillaan ojituksen aikana ja heti sen jälkeen. Eroosioherkkien mineraalimaiden syöpyminen voi jatkua pitkäänkin (Seuna 1982).

Ilmastomuutoksen vaikutukset

Ilmastomuutoksen vaikutuksia vesistöjen virtaamiin on arvioitu suomalaisessa ilmähänmuutosten tutkimusohjelmassa, joka aloitettiin vuonna 1990 (SILMU). Vehviläinen ja Lohvansuu ovat julkaisseet aiheesta artikkelin (1991). Tavoitteena on tutkia, kuinka ilmaston odotetaan muuttuvan Suomessa ilmähänmuutoksissa tapahtuvien muutosten seurauksena. Aihepiiriä on käsitelty julkaisussa "Muuttuva Ilmakehä; Ilmasto, luonto ja ihminen" (Kanninen 1992) sekä Imatran Voima OY:n tutkimusraportissa "Ilmastomuutoksen vaikutukset energian tuotantoon ja käyttöön Suomessa" (Aittoniemi 1990). Tässä arvioidaan em. lähteitten pohjalta vaikutuksia virtaamiin ja peruskuivatustilanteeseen.

Ilmastomuutoksia on tutkittu ilmastomalleilla, joiden avulla arvioidaan muutoksia lämpötilassa, sadannassa ja haihdunnassa. Näitä tietoja voidaan edelleen hyödyntää sadanta-valuntamalleissa ja edelleen vesistömallissa. Vehviläinen ja Lohvansuu ovat käyttäneet arvioissaan ns. GISS- ilmastomallia (Goddard Institute for Space Studies). Mallin avulla on arvioitu mm. lämpötilan ja sadannan muutosta, jos ilman hiilidioksidin pitoisuus kasvaa kaksinkertaiseksi. GISS-mallilla on arvioitu maapallon lämpötilan nousuksi 4 °C (Heino 1987).

Muilla malleilla muutosten on arvioitu vaihtelevan välillä 1,5–5,5 °C. Vuosisadannan on arvioitu lisääntyvän 10–30 mm ja haihdunnan 5–30 mm kuukaudessa (Heino

1987). Imatran Voima OY:n tutkimusraportissa arvioitiin kolmen eri ilmastoskenaari-
on pohjalta mahdollisia vaikutuksia ilmastoon ja hydrologiaan (Aittoniemi 1990).
Arvio on tehty erikseen Pohjois-Suomen ja Etelä-Suomen alueen vesistöille. Eri
ilmastomallien arviot ovat hyvin toisistaan poikkeavia haihdunnan osalta. Muutosten
arviointi tuo mukanaan uusia epävarmuustekijöitä, joten tulokset ovat vain suuntaa
antavia. Taulukoissa 8 ja 9 on esitetty sadannan ja haihdunnan muutoksia Vehviläisen
ja Lohvansuun mukaan.

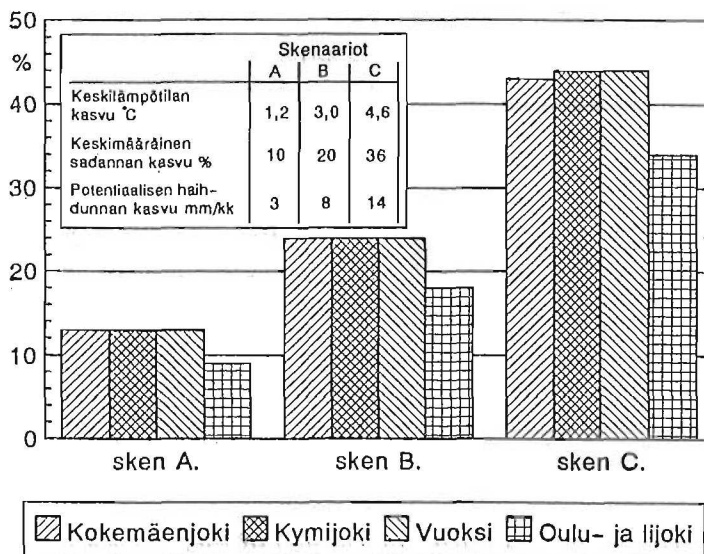
Ilmastomallien antamat lämpötilan, sadannan ja haihdunnan muutokset on otettu
huomioon vesistömallien lähtötiedoissa. Vesistömallina on käytetty HBV- mallia
(Bergström 1976), joka on jo yleisesti käytössä Pohjoismaissa. Mallin avulla on saatu
arvio virtaaman ja lumen vesiaron muutoksesta eri vesistöalueilla. Vehviläinen ja
Lohvansuu ovat todenneet, että lisääntynyt sadanta kasvattaa pohjavesi- ja maa-
vesivarastoja. Kuitenkin kesäisin haihdunta lisääntyy ja maan vesivaranto ei silloin
muutu.

Taulukko 8. GISS-ilmastomalla arvioitu sadannan muutos nykyiseen verrattuna
tilanteessa, jossa ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kaksinkertaistunut (Vehviläinen
ja Lohvansuu 1991).

Alue	Sadannan muutos vuodenajoittain [mm/kk]				Vuosi [mm/a]
	talvi	kevät	kesä	syksy	
Etelä-Suomi	+ 13	+ 24	+ 30	+ 20	+ 261
Pohjois-Suomi	+ 11	+ 25	+ 31	+ 21	+ 264

Taulukko 9. GISS-ilmastomallin arvioima haihdunnan lisäys tilanteessa, jossa
hiilidioksidipitoisuus on kaksinkertaistunut (Vehviläinen ja Lohvansuu 1991).

Alue	Haihdunnan muutos vuodenajoittain [mm/kk]				Vuosi [mm/a]
	talvi	kevät	kesä	syksy	
Etelä-Suomi	+ 3	+ 18	+ 26	+ 6	+ 159
Pohjois-Suomi	+ 1	+ 17	+ 27	+ 7	+ 156

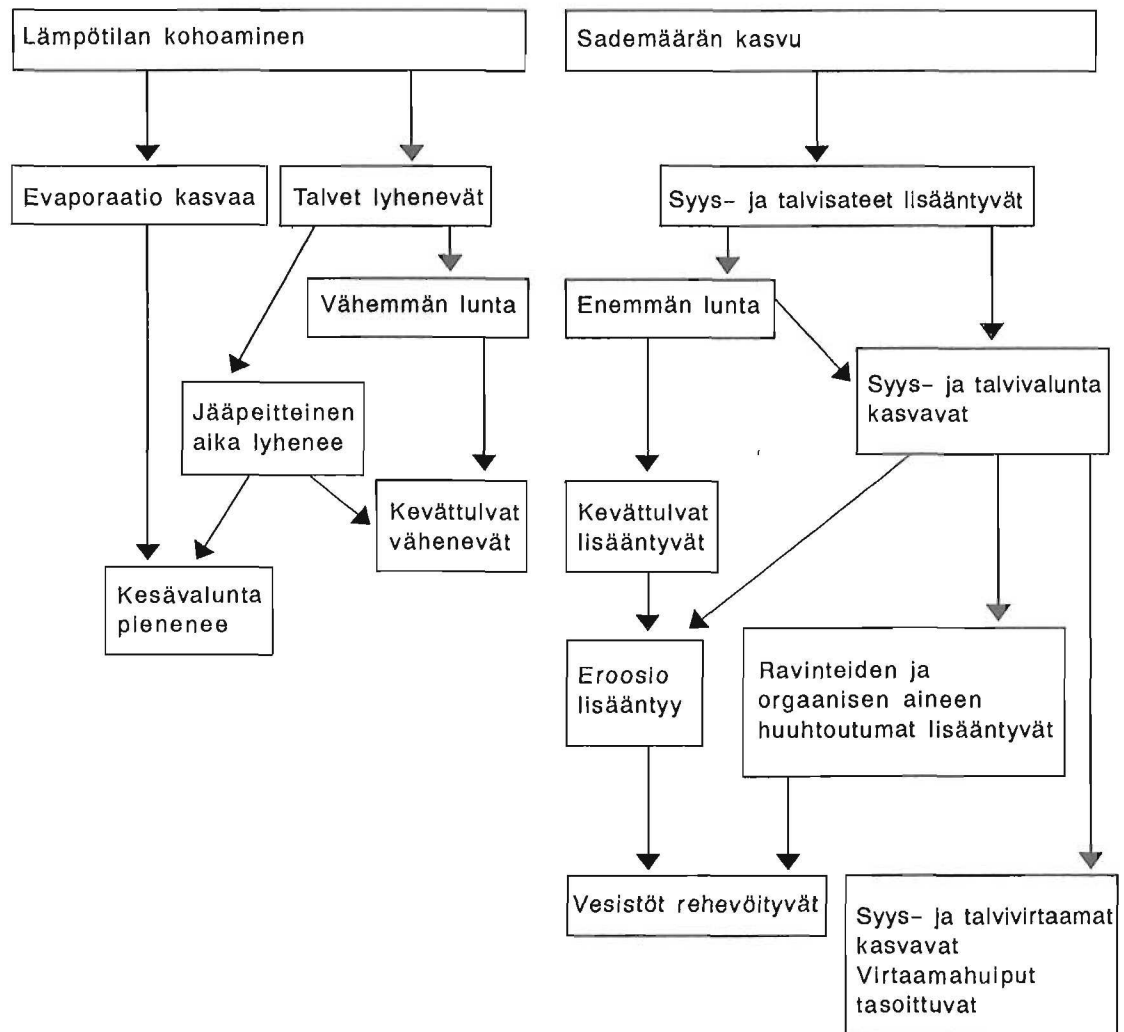


Kuva 19. Ii- ja Oulujoen, Kokemäenjoen, Kymijoen sekä Vuoksen vesistöjen vuoden keskivirtaaman muutokset eri ilmastoskenaarioissa. (Aittoniemi 1990).

Kuvassa 19 on esitetty arvio keskivirtaaman muutoksista Suomen alueella eräissä vesistöissä Imatran Voima OY:n tutkimusraportin pohjalta (Aittoniemi 1990). Todennäköisintä on, että kuvassa esitetyistä skenaarioista lievin vaihtoehto toteutuu. Tätä tukevat uusimmat ilmastomallilla tehdyt arviot.

Kannisen mukaan vuotuinen sademäärä saattaa kasvaa 8 – 10 % ja virtaama 10 – 30 %. Tällöin ilmaston oletetaan lämpenevän 1,5 – 3,5 °C. Vehviläisen laskelmien mukaan vuoden keskivirtaama saattaa kasvaa 25 – 50 %. Voidaan arvioida, että vastaavasti kasvavat myös valtojen keskivirtaamat. Ilmaston vaikutus ojitustarpeeseen voi olla siten merkittävä riippuen siitä, miten virtaamien lisäys ajoittuu. Metsäisillä alueilla muutokset saattavat olla vähäisempiä lisääntyvän haihdunnan myötä. Voidaan myös laskelmien perusteella arvioida, että kevät- ja kesävirtaamat pienensivät ja syys- ja talvivirusaamat lisääntyisivät. Etelä-Suomessa saattaa vuoden virtaamahuippu siirtyä syksyyn. Toisaalta mahdollisuudet erittäin vetisiin kuten myös kuiviin jaksoihin kasvanevat eli olosuhteet saattavat äärevöityä (Vehviläinen ja Lohvansuu 1991).

Ilmastomuutosten vaikutuksesta lumipeitteen kesto aika Suomessa lyhenee. Paljas maanpinta on altis eroosiolle. Vesistöjen rehevöityminen sekä umpeenkasvu mahdollisesti lisääntyy, kuten kuvasta 20 voidaan päätellä. Tarkastelun epävarmuustekijöitä on useita; toisaalta mallintamiseen liittyvät epävarmuustekijät, toisaalta ennustevirheet lämpötilan, sadannan ja haihdunnan osalta.



Kuva 20. Ilmastomuutosten vesistövaikutukset (Kanninen 1991).

Jos ilmaston lämpenemisen ohella sademäärät kasvavat ja eroosio kiihtyy, entistä enemmän on kiinnitettävä huomiota maan rakenteen hoitoon ja ojituksen toimivuuteen. Sateiden ajoittuminen ja voimakkuus vaikuttavat negatiivisesti pidentyneestä kasvu-kaudesta saatavaan hyötyyn. Kanninen on arvioinut SILMU-ohjelman perusteella, että maailman elintarviketuotannon painopiste siirtyy keskileveysasteilta pohjoisimmille leveysasteille. Viljelyskelpoisen maan niukkuus tulee olemaan ongelmana tulevaisuudessa. Suomessa kannattaa pitää hyvää huolta aktiivikäyttöön jäävistä pelloista, koska puhtaat elintarvikkeet tulevat olemaan eräs kilpailuvaltti. Pelloille suunnitellaan myös uusimuotoista käyttöä perinteisen vilja- ja rehutuotannon sijaan.

4 TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

4.1 Tutkimusaineiston valinta

Otanta perustui maatilahallituksen vuonna 1974 tekemään Suomen peltojen hyvyysluokitusaineistoon, jossa paikannettiin kaikki yli 0,5 ha peltokuviot. Inventointi tehtiin peruskarttapohjalta. Pienimpänä käsittely-yksikkönä oli 250 · 250 m ruutu. Em. yksiköt taltioitiin, jos siinä oli yksikin vähintään 0,5 ha peltokuvio (Puustinen ym. 1994).

Otannan tutkimusyksikkönä käytettiin karttalehteä (1:50 000), jonka pinta-ala on 60 000 ha. Karttalehtiä, joissa on peltoa, on yhteensä 334. Pinta-alaltaan nämä karttalehdet ovat noin 60 % koko maan pinta-alasta. Peltoa tällä alueella oli inventoinnin mukaan yhteensä 2,4 milj. ha.

Otoksen koko suunniteltiin siten, että kukin tutkimuspiste edustaisi noin 2000 peltohehtaaria. Tätä tutkimuspisteiden määrää pidettiin pienimpänä mahdollisena otoksen edustavuuden oleellisesti huonontumatta. Tutkimuspisteiden kokonaismäärän tavoitteeksi asetettiin 1200 pistettä, mikä oli puolet vuonna 1956 tehdyn kuivatustilatutkimuksen pistemäärästä (Juusela ja Wäre 1956). Perusotannan koko oli 1030 tutkimuspistettä. Vuoden 1974 jälkeen tehtyjen peltoraivioiden osalta otantaa täydennettiin 38 pisteellä. Hyväksytyllä tavalla tutkittujen pisteiden kokonaismäärä on 1065 pistettä. 1950-luvulla tehdyssä kuivatustilatutkimuksessa (Juusela ja Wäre 1956) kukin tutkimuspiste edusti noin tuhatta peltohehtaaria ja tutkittujen pisteiden kokonaismäärä oli 2430 pistettä.

Otanta toteutettiin peltoalan jakaantumisen mukaan. Kullekin tutkimusyksikölle tutkimuspisteiden lukumäärä määräytyi pellon kokonaisalan mukaan. Tutkimusyksiköissä tutkimuspisteiden valinta tehtiin satunnaisotantana. Tässä käytettiin hyvyysluokitusaineiston pienintä koodattua yksikköä, jonka pinta-ala on 6,25 ha. Tutkimusyksikössä tämänkokoisia ruutuja on yhteensä 9600 kpl. Peltoja sisältävien ruutujen osuus em. kokonaismäärästä on käytännössä yhtä suuri kuin peltoprosentti tutkimusyksikön kokonaispinta-alasta (taulukko 10).

Peltoa sisältävien ruutujen joukoista arvottiin satunnaisesti kullekin tutkimusyksikölle varsinaiset tutkimuspisteet ja varapisteet. Tutkittava peltokuvio määräytyi peruskartalta em. ruudun keskipisteen perusteella. Tutkimusyksiköille etukäteen määräytynyt pistejoukko (1–14 pistettä) on siten satunnaisesti sirottunut alueen pelloille.

Tutkimusyksiköitä, joissa peltoala on 2000–4000 ha (3,3 – 6,7 % kokoalasta), on kolmannes kaikista tutkimusyksiköistä (taulukko 10). Näistä tutkimusyksiköistä koostuvien pisteiden kokonaismäärä on 10,1 % perusotannan kokonaismäärästä.

Neljäsosa tutkimuspisteistä sijaitsevat tutkimusyksiköissä, joissa peltoala on enintään 6000 ha ja pisteitä yksi tai kaksi. Nämä ovat yhteensä 54,8 % kaikista tutkimusyksiköistä. Puolet tutkimuspisteistä sijoittuu tutkimusyksiköille, joissa on enintään 4 pistettä ja peltoala on enintään 16,7 % tutkimusyksikön koko alasta (taulukko 10).

Koko maan peltoalasta 43,8 % sijaitsee tutkimusyksiköissä, joissa on peltoa vähintään 10 000 ha. Nämä tutkimusyksiköt ovat yhteensä 21 % kaikista tutkimusyksiköistä. Loput 56,2 % peltoalasta on sijoittunut 79 % kaikista tutkimusyksiköistä. Tämä osoittaa, että lähes puolet pelloistamme on sijainniltaan peltokeskittymissä. Toinen puolisko pelloistamme sijaitsee hyvin hajanaisesti. Erityisesti Etelä-Suomen, Lounais-Suomen ja Pohjanmaan peltokeskittymät sijaitsevat tyypillisesti jokivesistöjen läheisyydessä. Järvi- ja Itä-Suomen pellot ovat hajallaan.

Otantapisteet keskittyivät peltovaltaisille alueille Etelä- ja Lounais-Suomeen. Eniten tutkimuspisteitä oli Helsingin, Turun ja Vaasan vesi- ja ympäristöpiirien alueilla (Puustinen ja Palko 1991). Kukin otantapiste edustaa noin 2 000 hehtaaria peltoa. Taulukossa 11 ja kuvassa 21 on esitetty pisteiden sijoittuminen vesi- ja ympäristöpiireittäin Suomen kartalle.

Otantapisteiden paikantamisen lisäksi peruskartoilta määritettiin tutkimuspisteen sijaintikunta ja -kylä sekä tilan rekisterinumero. Rekisterinumeron perusteella haettiin kiinteistörekisteristä tilan omistajan nimi, osoite ja puhelinnumero. Omistajalta kysyttiin otantapisteen peltokuvion viljelijä, ja samalla arvioitiin otantapisteen kelpoisuus tutkimuskohteeksi. Tutkittavan peltokuvion koordinaatit, vesistöalue ja korkeusasema määritettiin peruskartalta. Peltokuvion viljelijälle tehtiin noin vuosi varsinaisen kenttä- ja haastattelututkimuksen jälkeen ns. lisähaastattelu puhelimitse, jossa selvitettiin mm. tilan oma ja vuokrattu peltoala sekä tilan tuotannon jatkuminen (aktiivi- / passiivitilat).

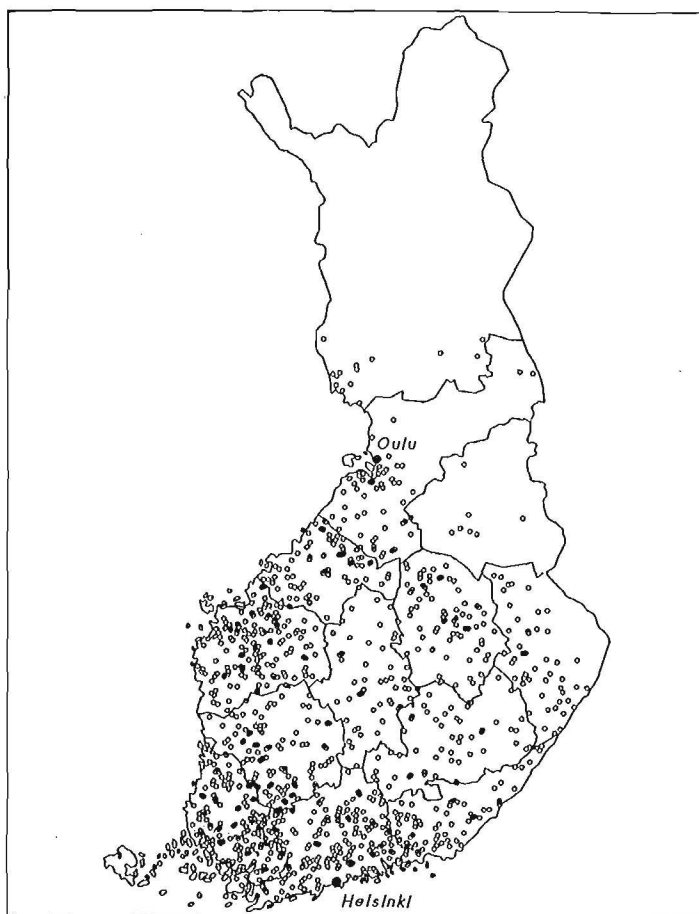
Taulukko 10. Perusotannan tutkimuspisteiden määrä tutkimusyksiköissä (TY) peltoalaluokittain.

Peltoala tutkimus- yksikössä ha	Peltoalan jakauma		TY lkm yht.	Pist. lkm/ TY	Otoksen koko	
	1000 ha	%			lkm	%
2000 - 4000	312	13,0	104	1	104	10,1
4000 - 6000	395	16,5	79	2	158	15,3
6000 - 8000	350	14,6	50	3	150	14,6
8000 -10000	288	12,0	32	4	128	12,4
10000-12000	275	11,5	25	5	125	12,1
12000-14000	156	6,5	12	6	72	7,0
14000-16000	150	6,3	10	7	70	6,8
16000-18000	119	5,0	7	8	56	5,4
18000-20000	133	5,6	7	9	63	6,1
20000-22000	63	2,6	3	10	30	2,9
22000-24000	46	1,9	2	11	22	2,1
24000-26000	25	1,0	1	12	12	1,2
26000-28000	54	2,3	2	13	26	2,5
28000-30000	29	1,2	1	14	14	1,4
Yhteensä	2395	100	334	-	1030	100

Otantapisteen peltokuvion osalta tehtiin kenttämittaukset ja viljelijän haastattelu. Haastattelujen avulla kerättiin yleistiedot tilalta sekä tutkittavalta lohkolta, viljely- ja ojitustekniikka sekä peltokuvioita vaivaavat kuivatushäiriöt. Kenttätutkimuksessa tutkittiin valtaoja ja peltokuvio sekä arvioitiin perus- ja paikalliskuivatuksen ongelmat. Kenttätutkimukset tehtiin pääsääntöisesti sadonkorjuun jälkeen elo- lokakuussa vuosina 1989 – 1992. Tarkemmat tiedot otannasta on esitetty KUTIn loppuraportissa (Puustinen ym. 1994). Haastattelu- ja kenttälomakkeet valtaojituksen osalta ovat liitteenä 2 ja 3.)

Taulukko 11. Otantapisteen jakauma vesi- ja ympäristöpiireittäin.

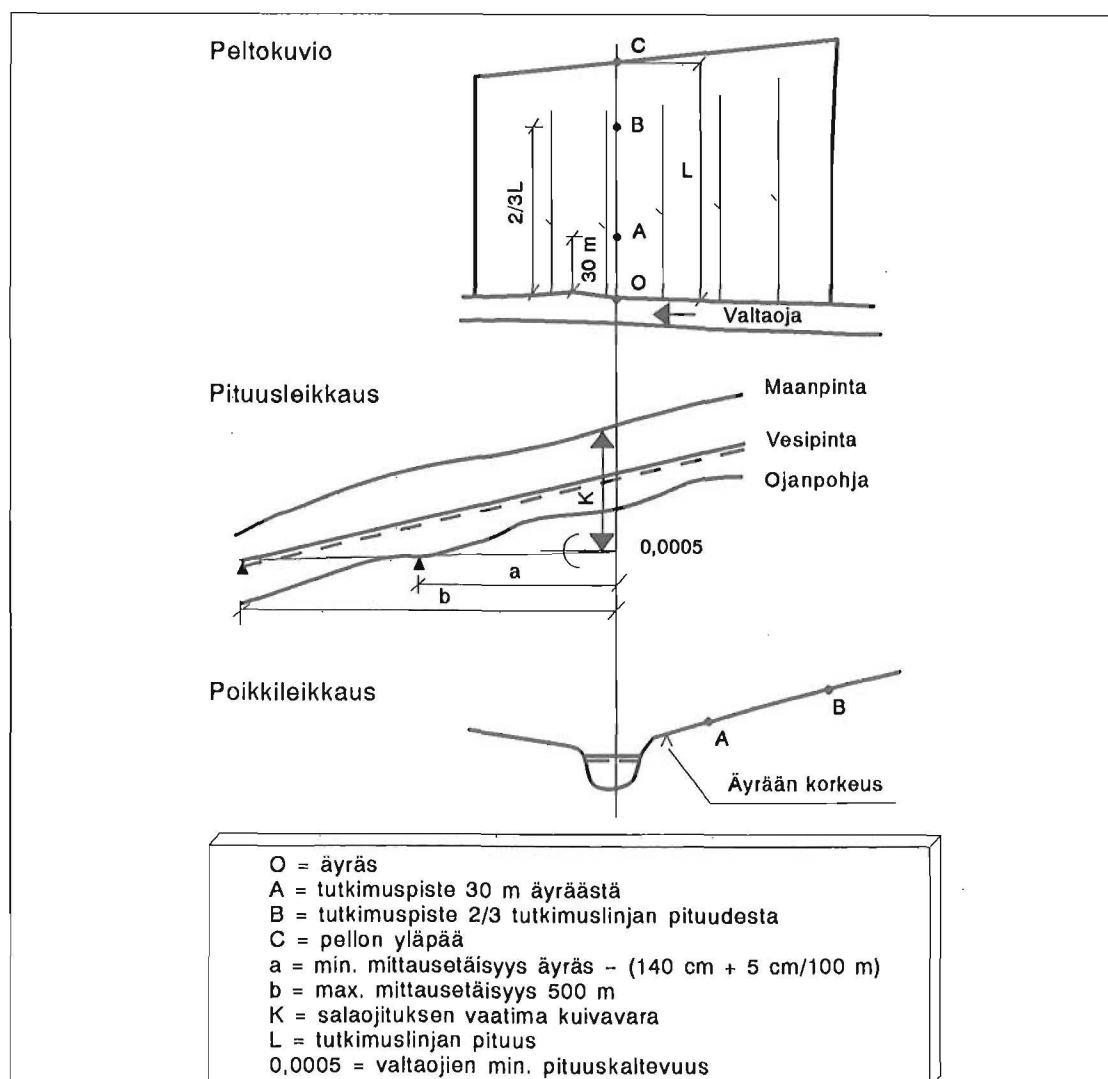
Piiri	Perusotanta	Täydennysotanta	Tutkittuja pisteitä
Hevy	185	4	189
Tuvy	161	3	164
Vavy	151	2	153
Tavy	101	2	103
Kovy	74	2	76
Kuvy	73	5	78
Kyvy	68	3	71
Ouvy	55	5	60
Mivy	52	3	55
PKvy	47	2	49
Ksvy	46	2	48
Lavy	11	3	14
Kavy	6	2	8
Yhteensä	1 030	38	1 065



Kuva 21. Kuivatustilatutkimuksen otantapisteen sijainti vesi- ja ympäristöpiireittäin.

Tutkimuslinja sijoitettiin peltolohkon kuivatusvesien virtauksen suuntaan valtaojaa kohti. Kuvassa 22 on esitetty tutkimuslinjan keskeiset käsitteet. Avo-ojitetulla alueella tutkimuslinja on sarkojen suuntainen ja keskimmäisten sarkojen välissä $1/3$ etäisyydellä saran kokonaisleveydestä. Salaojitetulla alueella tutkimuslinja määräytyi laskuaukon ja peltokuvion keskipisteen yhdistävälle suoralle. Tutkimuslinja vaaittiin äyräältä (O-piste), pisteistä A ja B, pellon yläreunasta (C) sekä kaikista kaltevuuden taitekohdista. Piste A sijaitsi tutkimuslinjalla 30 m etäisyydellä valtaojasta tai O-pisteestä ja piste B $2/3$ etäisyydellä tutkimuslinjan koko pituudesta. Salaojitetulla alueella pisteet A ja B sijoitettiin salaojien puoleen väliin.

Tutkittavalla peltokuvioilla kairattiin pisteissä A ja B läpivirtauskairalla kahden metrin syvyyteen. Profiilinäytteestä määritettiin maalaji silmämääräisesti ja mitattiin pH ja redox-potentiaali 0,10 metrin välein. Lisäksi pisteessä A mitattiin jankon vedenläpäisevyys. Tutkimuslinjan pisteestä A otettiin maanäyte muokkauskerroksesta (0,0 – 0,20 m) ja jankosta (0,30 – 0,40 m). Näytteistä määritettiin raakoostumus (kuiva-seulonta ja sedigrafianalyysi), humuspitoisuus ja fosforipitoisuus (vesiuutto ja happanammoniumasetaattiuutto). Lisäksi otettiin häiriintymätön maanäyte. Laboratoriossa näytteestä määritettiin veden sitoutuneisuus neljässä eri paineessa sekä kuivatilavuuspaino ja huokostilavuus (Puustinen ja Palko 1991).



Kuva 22. Peltolohkon tutkimuslinjan keskeiset käsitteet.

Valtaojan kunto arvioitiin maastossa tutkimuslinjan 0-kohdassa ja sen alapuolella seuraavasti: Jos valtaojan pituuskaltevuus oli pieni (alle 0,0015), kunto arvioitiin 500 m:n matkalta. Jos valtaojan pituuskaltevuus oli suuri tai oja oli syvä, uoman ominaisuudet arvioitiin 100 m:n matkalta. Pellon alimmalle osalle tuli muodostua laskennallisesti vähintään 1,40 m kuivavara. Valtaojan kunto koodattiin liitteenä 3 olevien luokitteluohjeiden mukaan.

Valtaojien valuma-alueet mitattiin kenttätutkimusten yhteydessä 1:20 000 mittakaavaisilta peruskartoilta. Valuma-alue rajattiin vain niille peltokuvioille, joiden vesien laskupaikka oli valtaoja. Niitä oli 2/3:lla tutkituista pisteistä. Peruskartoilta määritettiin myös valuma-alueen peltoprosentti.

Valtaojien kaltevuus mitattiin peltolohkon tutkimuslinjan päätepisteestä (0-kohta) 100 – 150 m alaspäin. Peltokuvion vesien purkukohta oli 0-piste, salaojitetulla pellolla laskuaukko tai jos niitä oli useita, alin laskuaukko. Avo-ojitetulla pellolla 0 – piste oli keskimmäisten sarkojen välissä tai päistesaran alapäässä. Valtaojan pohja vaaittiin niin kauas, että pellon pinnan ja ojan pohjan korkeuseroksi saatiin 1,40 m lisättynä pituuskaltevuuden 0,0005 (0,5 m/km) vaatimalla korkeuserolla. Lähikaltevuudella tarkoitetaan tutkimuslinjan 0 – pisteestä 50 m matkalla alaspäin vallitsevaa kaltevuutta ja kokokaltevuudella koko tutkitun uoman matkan kaltevuutta. Valtaoja vaaittiin 50 metrin välein siten, että poikkileikkaukset olivat edustavia.

Tilan omistajalta kysyttiin valtaojan kaivuvuotta ja viimeisintä perkausvuotta. Kun tietoja verrattiin tutkimusvuoteen, saatiin selville se, kuinka monta vuotta sitten ao. toimenpide oli toteutettu. Lisäksi tarkasteltiin yhdistelmää perkaus/kaivu, eli ensisijaiseksi tiedoksi otettiin viimeisin perkausvuosi. Mikäli sitä ei ollut tiedossa, otettiin kaivuvuosi. Tällöin valtaoja oli vasta kaivettu.

Otannan edustavuuden arviointi

Otannan avulla kerätään tietoja perusjoukon tietyistä ominaisuuksista. Otantatutkimuksen tarkkuutta säätelevät kahdentyyppiset virheet; ei-otanta- ja otantavirheet.

Ei-otantavirheet voivat johtua otantamenettelystä (väärä tutkimusajankohta, satunnaistamisvirhe, sopimaton otanta- tai estimointitapa, mittauskato), mittaamisesta (määritelmien puutteellisuus, mittausvälineiden virheellisyys, mittausvirheet) tai tietojen käsittelystä (tarkastusvirheet, koodaus- ja taulukointivirheet).

Otantavirhe syntyy, kun koko perusjoukon sijasta tutkitaan vain osajoukkoa. Virheen suuruuteen vaikuttavat perusjoukon ja otoksen hajonta, otoskoko, poimintamenetelmä sekä estimointitapa.

Estimoinnilla tarkoitetaan matemaattista menettelyä, jolla otoshavaintojen avulla laaditaan ennuste tai arvio perusjoukon mielenkiinnon kohteena olevalle ominaisuudelle. Tällaisia ominaisuuksia ovat mm. jakauman sijainti (odotusarvo μ) ja hajaantuminen (varianssi σ^2). Tarkasteltavan ominaisuuden jakautuminen perusjoukossa on yleensä tuntematon, mutta kun otoskoko on riittävän suuri ($n > 30$), oletetaan estimointi likimain normaalijakautuneeksi. Perusjoukon odotusarvoa vastaava parametri on perusjoukon keskiarvo \bar{Y} , ja sen piste-estimaattorina otoskeskiarvo \bar{y} . Vastaavasti perusjoukon varianssin parametrin S^2 (S = keskihajonta) väliestimaattorina on otosvarianssi s^2 (s = keskivirhe).

Sallittu otantavirhe (d = luottamusvälin yläraja) määritetään yleensä etukäteistiedon perusteella. Lisäksi määrätään luottamustaso ($1-\alpha$), jolloin saadaan $(1-\alpha) \cdot 100$ %:n varmuus sille, että populaatiota kuvaava parametri on tietyllä välillä, $P\{\bar{Y} \in \bar{y} \pm d\} \geq 1 - \alpha$ (α = riskitaso).

Otantavirhe lasketaan kaavalla

$$d = z_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} * \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \quad (\text{perusjoukon varianssi tunnetaan})$$

tai

$$d = t_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} * \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \quad (\text{perusjoukon varianssi ei tunnettu})$$

n = otoskoko

N = äärellisen perusjoukon havaintojen lukumäärä

S/\sqrt{n} = keskiarvon keskihajonta otoksessa

s/\sqrt{n} = otoksesta laskettu keskiarvon keskivirhe

n/N = otantasuhde

$1-n/N$ = äärellisyyskorjauskerroin

Mikäli otantasuhde on pieni voi äärellisyyskorjaustermin jättää pois. Kun $n > 30$, niin $t_{\alpha} \approx z_{\alpha} = 1,96$, jos $\alpha = 0,05$. Keskiarvon luottamusvälin estimaattori on $\bar{y} \pm d$. Mikäli varsinaisen perusjoukon parametreja (\bar{Y} , S^2 , N) ei voida määrittää on tässä yhteydessä käytetty laajinta mahdollista joukkoa perusjoukon approksimaationa. Perusjoukon keskiarvon luottamusväli on $\bar{Y} \pm Z_{\alpha} S/\sqrt{N}$. Jos varsinaisen perusjoukon koko on suurempi, kuin suurin havaintomäärä voidaan otantasuhde olettaa pieneksi.

4.2 Tutkimusalueita koskevat tiedot

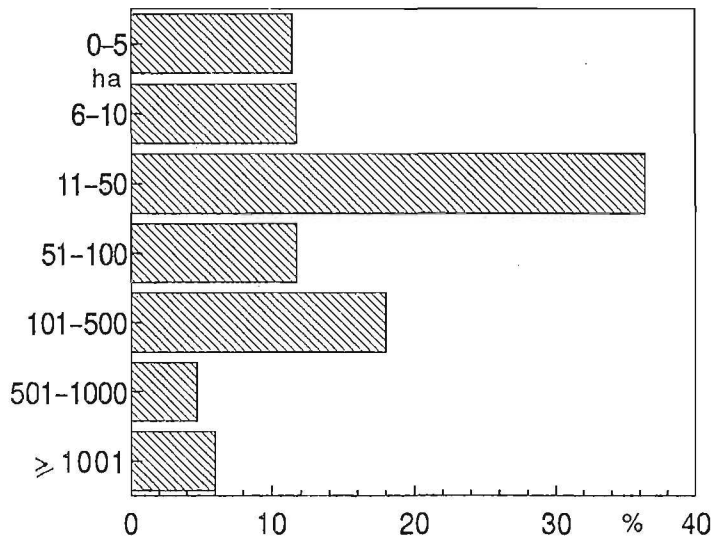
Kahdella kolmasosalla tutkimuspisteitä valtaoja oli peltokuvion vesien laskupaikka. Yläpuolinen valuma-alue näillä pisteillä oli keskimäärin 36 ha. Alle 10 ha:n valuma-alueita on noin 20 % ja yli 500 hehtaarin runsas 10 % tutkimuspisteistä. Järvi-Suomessa oli koko maata vähemmän suuria valuma-alueita, kun taas Pohjanmaalla oli koko maan keskiarvoa enemmän suuria valuma-alueita. Tutkitun peltokuvion korkeusasemalla ei näyttänyt olevan merkitystä valuma-alueen kokoon. Tutkimustilojen keskimääräisiä tunnuslukuja peltoalaluokittain on esitetty taulukossa 12. Valuma-alueiden kokojakauma on esitetty kuvassa 23 ja kuvassa 24 on näkyä tutkimuspisteiden jakautuminen eri korkeusluokkiin.

Kaikkien tutkimuspisteiden pelto-%:n mediaaniarvo oli 24 %. Kolmeneljäosassa tutkituista valtaojallisista peltokuvioista oli yläpuolisella valuma-alueella peltoa vähintään 50 %. Pohjanmaalla on valuma-alueiden peltoprosentit koko maan keskiarvoa suuremmat.

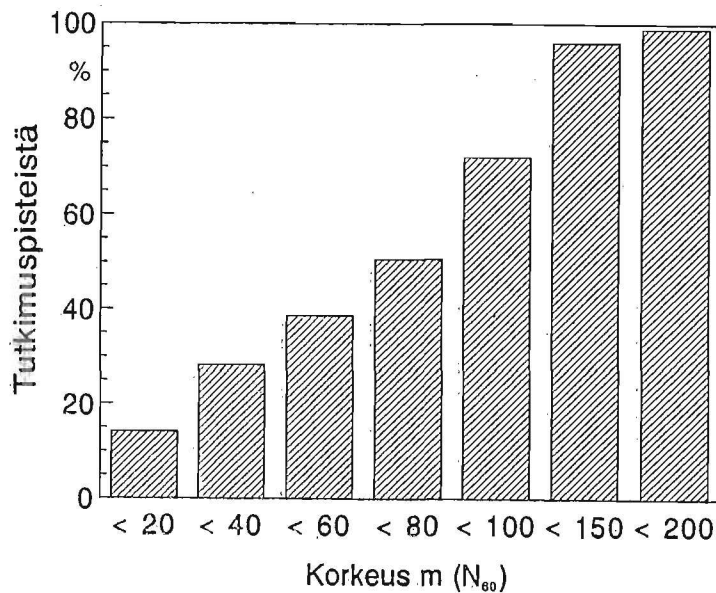
Tutkittujen peltujen keskimääräinen korkeus oli 75,4 m (N60) ja mediaaniarvo 80 m. Noin 38 % peltokuvioista oli alle 60 m korkeudella eli siis mahdollisia happamia sulfaattisavimaita. Noin 6 % oli alle 10 m korkeudella merenpinnasta. Yli 100 m korkeudella oli vajaa 30 % ja yli 150 m korkeudella noin 4 % tutkituista peltokuvioista.

Taulukko 12. Tutkimustilojen keskimääräisiä tunnuslukuja peltoalaluokittain.

Tilakoko pelto-ha	Valuma- alue km ²	pelto- %	Matka ve- sistöön km	Valtaojan syvyys m	Pellon korkeus N60	Osuus tutki- tuista pelto- kuvioista %
1 - 5	1,24	23,8	1,97	1,09	69,5	3,3
5 - 10	1,62	28,2	1,87	1,09	92,2	9,7
10 - 15	2,06	31,8	1,72	1,08	88,4	14,2
15 - 20	2,21	30,2	2,15	1,16	77,9	17,2
20 - 25	2,36	33,2	2,62	1,22	71,2	16,2
25 - 30	2,61	37,1	1,81	1,17	67,7	8,0
30 - 40	2,19	32,5	2,56	1,14	61,7	16,1
40 - 50	2,21	31,6	2,64	1,11	62,7	7,1
50 - 75	2,92	35,8	1,97	1,26	49,7	6,1
75 <	2,53	44,3	4,30	1,37	53,1	2,1
Keskim.	2,19	31,6	2,26	1,16	75,4	Σ 100



Kuva 23. Valuma-alueiden kokojakauma.



Kuva 24. Tutkimuspisteiden jakautuminen korkeusluokissa.

Paikalliskuivatuksena oli salaojitus yleisintä. Koko maan tutkimuspisteistä oli salaojitettu 54 %, avo-ojitettu 28 % ja ojattomana viljeltiin 18 %. Etelä-Suomessa 2/3 tutkituista peltokuvioista oli salaojitettu, Pohjois-Suomessa vain alle viidennes. Pohjois-Suomessa oli avo-ojitettujen peltokuvioiden osuus lähes 60 %. Järvi-Suomessa yli 1/3 tutkituista peltokuvioista viljeltiin ojattomana.

Tutkimuslinjan kaltevuuden mediaaniarvo välillä äyräs – piste A oli 100 cm/100 m, A- ja B-pisteen välillä 77 cm/100 m ja B-pisteen ja pellon yläreunan välillä 88 cm/100 m. Järvi-Suomessa tutkimuslinjan kaltevuudet olivat lähes kaksinkertaisia, mutta Pohjanmaalla ne ovat puolet pienempiä koko maan kaltevuuksiin verrattuna.

4.3 Aineiston käsittely

Tutkimusaineistoa tarkasteltiin koko maan osalta, suuralueittain sekä vesi- ja ympäristöpiireittäin ja korkeusluokittain.

Suuralueet muodostuvat siten, että Etelä-Suomen suuralueeseen kuuluvat Helsingin, Turun, Tampereen ja Kymen vesi- ja ympäristöpiirit (yht. 527 pistettä, 50 % kaikista pisteistä). Järvi-Suomen suuralue koostuu Mikkelin, Kuopion, Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiireistä (yht. 227 pistettä, 21 %). Pohjanmaan suuralueeseen kuuluvat Vaasan ja Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirit sekä Oulun vesi- ja ympäristöpiiristä Oulujoen eteläpuolella olevat pisteet (yht. 282 pistettä, 26 %). Pohjois-Suomen suuralueeseen kuuluvat Oulun vesi- ja ympäristöpiirin Oulujoen pohjoispuoliset pisteet sekä Kainuun ja Lapin vesi- ja ympäristöpiirit (yht. 29 pistettä, 3 %). Suuraluejako on esitetty kuvassa 16, sivulla 25.

Korkeusluokkiin pisteet jakautuivat siten, että luokassa 0–40 m oli 311 tutkimuspistettä (29 %), 41–60 m 108 pistettä (10 %), 61–100 m 352 pistettä (33 %), 101–200 m 283 pistettä (27 %) ja luokassa yli 200 m merenpinnasta oli 11 pistettä (1 %).

Aineiston käsittelyvaiheessa käytettiin ryhmittelymuuttujina mm. vesistöalue- ja maalajijakoa, korkeusluokkaa, paikalliskuivatustapaa, valtaojituksen ikää ja kuivatushäiriön esiintymistiheyttä.

Aineiston tilastolliset käsittelymenetelmät voidaan karkeasti jakaa seuraavasti: yleiskuvaus, jakaumat, vuorosuhteiden laskeminen, muuttujajyhdistelmien ja indeksien laskeminen sekä monimuuttujamenetelmät. Aineiston käsittelyssä yhtenä vaiheena oli uusien muuttujien luominen esim. yhdistelemällä muuttujia eri kriteerein ja laskemalla erilaisia indeksejä tai tunnuslukuja. Esimerkkinä tästä on jäljempänä mm. valtaojan kuntoindeksi.

Kuivavara

Kuivatustilatutkimuksessa kartoitettiin kuivatustilannetta haastatteluin ja kenttämittauksin. Lyhytaikaisia ja lieviä kuivatusongelmia ei voitu todeta kenttämittauksin, niinpä kuivatushäiriöitä pyrittiin kartoittamaan haastatteluin. Tietojen perusteella arvioitiin peruskuivatuksen riittävyttä ja verrattiin sitä mittauksin saatuihin tuloksiin. Kuivatussyvyydellä tarkoitetaan pellonpinnan ja lähellä olevan uoman pohjan likimääräistä korkeuseroa ottaen huomioon veden virtauksen vaatima kaltevuus pellolta uomaan. Valtaojan hydraulikkaa kuvaavien mittaustietojen pohjalta arvioitiin kuiva-

tussyvyydet tutkimuslinjalla. Laskenta perustui vesi- ja ympäristöhallituksen suunnitteluohjeeseen (Vesihallitus 1986).

Paikalliskuivatuksen kannalta tarkasteltiin tilannetta avo-ojitetuilla, salaojitetuilla ja ojittamattomilla pelloilla. Tällöin kuivatussyvyys on valtaojan pohjan ja tarkasteltavan pisteen maanpinnan välinen korkeusero vähennettynä veden virtauksen vaatimalla sivukaltevuudella. Turvemailla otettiin huomioon turpeen paksuudesta ja maatuneisuudesta riippuva painumavara. Tietyn pellon kohdan kuivatussyvyys laskettiin kaavasta:

$$K = M - (W + E) - (P), \text{ jossa}$$

K = kuivatussyvyys, cm

M = maanpinnan korkeus, cm

W = uoman pohjan korkeus, cm

E = etäisyyslisä (cm) = etäisyys uomasta (m) x sivukaltevuus (cm/100 m)

P = maan painuminen ja kuluminen, cm (turvemaat)

Suunnitteluohjeissa (Vesihallitus 1986) suositellaan salaojitetun pellon sivukaltevuudeksi 20 cm/100 m ja avo-ojitetun pellon 10 cm/100 m. Vaadittavat kuivatussyvydet saman ohjeen mukaan ovat seuraavat:

- salaojitettu pelto 1,40 m (– sallittu liettymävara 0,30 m)
- avo-ojitettu pelto 1,20 m (– sallittu liettymävara 0,30 m)
- niitty, laidun ja metsämaa 0,90 m

Painuminen laskettiin tässä tutkimuksessa kaavasta $P = 0,10 \text{ m} + 0,01 \text{ m} / 0,10 \text{ m}$ turvetta. Eli jos ko. pisteessä oli 150 cm turvetta, oli painuma $P = 0,10 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$. Piste B turvepaksuutta käytettiin myös piste C:n painuman laskemisessa.

Uomien virtausvastus

Peltojen kuivatustilatutkimuksessa valtaojan kuntoa arvioitiin silmämääräisesti maastotutkimuksen yhteydessä. Tutkimuspisteiden valtaojille laskettiin uoman virtausvastuskerroin Cowanin (1956) menetelmällä. Menetelmä on selostettu kohdassa 3.7.

$$1/M = n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5.$$

Koska Cowanin menetelmän arvosteltavat tekijät eivät ole täsmälleen samat kuin kuivatustilatutkimuksessa, päädyttiin menetelmien välillä taulukon 13 mukaiseen vastaavuuteen.

Kuivatustilatutkimuksessa käytetty kuntoasteikko 1...4 (1 = hyvä ... 4 = huono) sopeutettiin eri ominaisuuksien osalta suoraan Cowanin menetelmän lukuarvoihin liitteen 4 mukaisesti.

Lietteisyyden vaikutus virtausvastuskertoimeen otettiin huomioon Cowanin menetelmän tekijöissä n_2 ja n_3 (poikkileikkauksen epäsäännöllisyys ja supistavat esteet). Hosia (1980) on todennut, että lietteisyydellä voi olla jopa virtausta edistävä vaikutus. Uoman pohjamateriaali vaikuttaa vastuskertoimeen ainoastaan paljaissa uomissa ja uomissa, joissa vain pohja on paljas, mutta luiskat kasvillisuuden peittämät. Kokonaan kasvillisuuden peittämässä uomissa pohjamateriaali ei vaikuta vastuskertoimen lukuarvoon. (Hosia 1980).

Taulukko 13. Peltojen kuivatustilatutkimuksen (KUTI) ja Cowanin menetelmän valtaojan kuntotekijät.

KUTI	Cowanin menetelmä	
Suoruus	m5	Mutkaisuus
Kasvillisuus	n4	Kasvillisuus
Kivisyys	n2 ja n3	Poikkileikkauksen epäsäännöllisyys ja supistavat esteet
Sortumien määrä	n1	Pinnan epätasaisuus
	n0	Karkeuskertoimen perusarvo

Kuntoindeksi

Tutkimuksen yhteydessä maastossa tutkituista uoman ominaisuuksista kehitettiin ns. kuntoindeksi kuvaamaan valtaojan kuntoa. Tutkimuksessa valtaojan kuntoa kuvaavat viisi eri tekijää; valtaojan suoruus, kasvillisuus, kivisyys, lietteisyys ja sortumien määrä arvosteltiin asteikolla 1 – 4 "hyvyysjärjestyksessä" siten, että lukuarvon yksi sai kaikin puolin kunnossa oleva uoma ja lukuarvon neljä uoma, jossa em. tekijöistä johtuen esiintyi huomattavaa virtauksen hidastumista (liite 4).

Esitetyssä Cowanin menetelmässä on Manningin kertoimeen vaikuttavina tekijöinä uomassa olevat esteet ja uomaa supistavat rakenteet. Kun myös kuivatustilatutkimuksessa ne määritettiin maastossa, otettiin yhdeksi muuttujaksi virtausta rajoittavat tekijät valtaojassa. Näitä tekijöitä ovat mm. uomassa oleva rumpu tai silta (tukkeutunut tai liian pieni) tai uomassa olevat sortumat ja ahtaat maastonkohdat (kallioleikkaus, nouseva maa, liettynyt ojanpohja). Myös läheisen vesistön korkealla oleva vedenpinta voi rajoittaa virtausta.

Parhaiten virtausta rajoittavan tekijän vaikutus kävi ilmi, kun tarkasteltiin ko. kohteen padottavaa vaikutusta. Tutkimuksessa arvioitiin, kuinka paljon kuristavan kohdan poikkileikkauspinta-ala oli pienempi kuin valtaojan keskimääräinen poikkileikkauspinta-ala sekä mikä oli kuristavan kohteen korkeus verrattuna valtaojan pohjaan. Yleisin kuristava tekijä oli pieni rumpu. Maankuivatusohjeiden mukaan minimikoko yksityistie-, viljelystie- ja tilusrummuissa on 0,6 m, poikkeustapauksissa 0,5 m. Yleisten teiden rummuissa minimikoko on 0,8 m (Vesihallitus 1986). Kun kuristavan kohdan poikkileikkausala oli korkeintaan 30 % pienempi kuin valtaojassa keskimäärin, katsottiin sillä olevan vähäinen vaikutus (1) veden virtaukseen valtaojassa. Kun "kuristus" oli 30 – 50 %, niin vaikutus oli kohtalainen (2), 50 – 70 %:a vapaata virtausalaa pienemmillä esteillä oli huomattava vaikutus (3) ja lähes tukkeutuneilla uomilla ("kuristus" 70 – 100 %:a vapaasta poikkileikkausalasta) oli suuri vaikutus veden virtaukseen valtaojassa (4).

Taulukko 14. Valtaojan kuntotekijöiden painokerroimet.

Kuntotekijä	Painokerroin
Suoruus	1,2
Kasvillisuus	1,4
Kivisyys	0,6
Lietteisyys	0,2
Sortumat	1,0
Virtausta rajoittava este	2,0 – 0

Kuntotekijöille annettiin painokertoimet sen mukaan, kuinka paljon kullakin on vaikutusta virtaukseen /virtausnopeuteen (taulukko 14). Perusteet painokertoimille saatiin Cowanin ja Hosian (1980) tutkimuksista. Heidän mukaansa kasvillisuuden vaikutus virtausvastuskertoimeen on suuruudeltaan samaa luokkaa kuin mutkaisuuden/suoruuden vaikutus. Koska kasvillisuuden vaikutus korostuu ylivirtaamilla, on sille otettu tässä suurempi painoarvo. Uoman poikkileikkauksen koon vaihtelu vaikuttaa virtausvastuskertoimen arvoon. Yleensä poikkileikkauksen koon vaihteluun ovat syynä luiskien sortumat, kivisyys ja uomassa olevat esteet. Sortumien ja kivisyyden osalta, päinvastoin kuin kasvillisuuden, pienillä vesisyvyyksillä virtausvastuskerroin on pienempi kuin suurilla vesisyvyyksillä. Hosian tutkimusten mukaan uoman virtausvastus pienenee, mitä hienorakeisempaa uoman pohjamateriaali on. Virtausta rajoittavan tekijän painokerroin määräytyi kuristavan kohdan ja 0-kohdan ojanpohjan korkeuseron mukaan. Jos kuristava kohta on samalla korkeudella tai korkeammalla kuin 0-kohdan ojanpohja, saa se painokertoimen lukuarvon 2, kun korkeusero on 1,40 m (kuristava kohta alempana) on painokerroin 0. Väliarvot interpoloitiin suoraviivaisesti.

Valtaojien kuntoa kuvaavien kuntotekijöiden arvot vaihtelivat välillä 1 – 4 siten, että 1 oli hyvä ja 4 oli huono. Kunkin kuntotekijän painoarvo on esitetty em. taulukossa. Kuntotekijän arvo kerrottiin painoarvolla. Tulokset kaikkien kuntotekijöiden osalta laskettiin yhteen summa-arvoksi. Valtaojan **kuntoindeksi** muodostettiin siten, että summa-arvo 25,6 (huono) vastaa Manningin kertoimen arvoa 10. Vastaavasti summa-arvo 4,4 (hyvä) vastaa Manningin kertoimen arvoa 35. Väliarvot interpoloidaan. Uoman kuntotekijöitä kuvaava **kuntoindeksi** voi näin saada arvoja 10 – 35 välillä, jotka on verrattavissa Manningin kertoimeen.

Pienten uomien virtausvastuskerroin

Hosia (1980) on julkaissut nomogrammin, jossa Manningin kerroin on esitetty Re-luvun funktiona erilaisissa uomissa (kuva 25). Käyrästöltä saadaan laskettujen Re-lukujen mukaiset virtausvastuskertoimet (n) iän, suoruuden ja pohjamateriaalin perusteella erilaisille uomille. Näin saaduissa Manningin kertoimen lukuarvoissa tulee otettua huomioon sekä uoman ominaisuudet kuten pohjan karheus, kasvillisuus, poikkileikkauksen muoto, sortumat, mutkaisuus (Cowan 1956) että virtaustilanne eli virtaama, vedenkorkeus ja veden viskositeetti (Hosia 1980).

Kuivatustilatutkimuksen valtaojallisille tutkimuspisteille määritettiin nomogrammeista (Seuna 1983) valuma-alueen koon perusteella laskennallinen kesän keskiylivirtaama. Virtaamista laskettiin uoman hydraulisten mittojen (pohjan leveys, luiskan kaltevuus, uoman pituuskaltevuus) mukainen teoreettinen vesisyvyys. Lisäksi laskettiin ao. vedenkorkeutta vastaava uoman poikkileikkausala (A), märkäpiiri (p), hydraulinen säde (R) ja virtausnopeus (v).

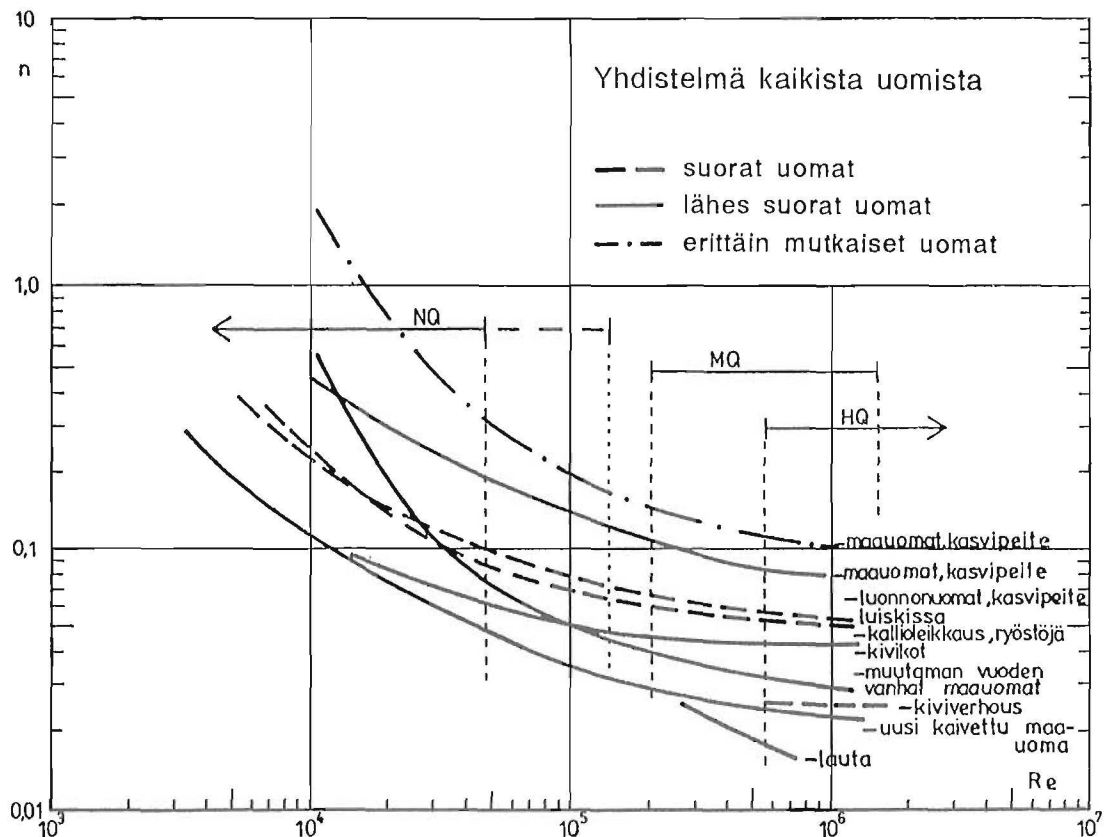
Reynoldsin luku laskettiin kaavasta $Re = \frac{v \cdot 4 \cdot R}{\nu}$, missä

ν = veden kinemaattinen viskositeetti

v = veden virtausnopeus ja

R = uoman hydraulinen säde

Reynoldsin lukua laskettaessa veden viskositeettiä arvona käytettiin +15 C°:n arvoa $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Veden kinemaattinen viskositeetti vaihtelee lämpötilan mukaan, mutta sen vaikutus Re-lukuun ja vastuskertoimeen on kuitenkin vähäinen ja tämän vuoksi lämpötilan vaihtelua ei ole otettu huomioon. Laskelmien kulku on esitetty liitteessä 6.



Kuva 25. Manningin kerroin Reynoldsin luvun funktiona (Hosia 1980).

Kriteerinä sille, miltä Hosian (1980) esittämän käyrästäön käyrältä kukin piste luettiin (kuva 25), käytettiin aikaisemmin määritettyä kuntoindeksiä, valtaojan ikää ja valtaojan kasvillisuutta ja mutkaisuutta. Hosian esittämät käyrät numeroitiin seuraavasti:

1. erittäin mutkaiset maauomat, kasvipeite
2. lähes suorat maauomat, kasvipeite
3. suorat luonnonuomat, kasvipeite luiskissa
4. suorat, muutaman vuoden vanhat maauomat
5. Suorat, uudet kaivetut maauomat

Uoman hydrauliset ominaisuudet ja virtaustilanteen huomioon ottava virtausvastuskerroin määritettiin seitsemällä eri menetelmällä, jotka on selostettu seuraavassa. Näin voitiin tarkastella eri osatekijöiden vaikutusta lopputulokseen (muutosherkkyyttä).

Menetelmä 1:

Aikaisemmin laskettu kuntoindeksi jakaa pisteet käyrille seuraavasti:

- käyrä 1, kun kuntoindeksi on 10 - 15
- käyrä 2, kun kuntoindeksi on 16 - 20
- käyrä 3, kun kuntoindeksi on 21 - 25
- käyrä 4, kun kuntoindeksi on 26 - 30
- käyrä 5, kun kuntoindeksi on 31 - 35

Menetelmä 2:

Kuten menetelmä 1:ssä, mutta kuntoindeksiä on pienennetty valtaojan iän mukaan seuraavasti:

- valtaojan ikä 0 - 1 vuotta => ei vähennystä
- valtaojan ikä 2 - 6 vuotta => kuntoindeksi - 3 (vähennys on 3 yksikköä)

- valtaojan ikä 7 – 15 vuotta => kuntoindeksi – 6
- valtaojan ikä yli 15 vuotta => kuntoindeksi – 9

Menetelmä 3:

Kuten menetelmä 2:ssa, mutta kuntoindeksiä on pienennetty valtaojan iän mukaan seuraavasti:

- valtaojan ikä 0 – 1 vuotta => ei vähennystä
- valtaojan ikä 2 – 6 vuotta => kuntoindeksi – 2
- valtaojan ikä 7 – 15 vuotta => kuntoindeksi – 4
- valtaojan ikä yli 15 vuotta => kuntoindeksi – 6

Menetelmä 4:

Käyrä, jolta piste luetaan, valitaan valtaojan iän ja kasvillisuuden perusteella:

- valtaojan ikä yli 6 vuotta ja kasvillisuus lukuarvoa 3 tai 4 => luku käyrältä 2
- valtaojan ikä yli 6 vuotta ja kasvillisuus lukuarvoa 1 tai 2 => luku käyrältä 3
- valtaojan ikä 4 – 5 vuotta => luku käyrältä 4
- valtaojan ikä 0 – 3 vuotta => luku käyrältä 5

Menetelmä 5:

Käyrä, jolta piste luetaan, valitaan kuntoindeksin, valtaojan iän ja mutkaisuuden perusteella:

- kuntoindeksi < 30 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta sekä erittäin mutkainen (4) => luku käyrältä 1
- kuntoindeksi < 30 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta => luku käyrältä 2
- kuntoindeksi \geq 30 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta => luku käyrältä 3
- kuntoindeksi < 30 ja valtaojan ikä 3 – 10 vuotta => luku käyrältä 3
- kuntoindeksi \geq 30 ja valtaojan ikä 3 – 10 vuotta => luku käyrältä 4
- kuntoindeksi < 30 ja valtaojan ikä 0 – 2 vuotta => luku käyrältä 4
- kuntoindeksi \geq 30 ja valtaojan ikä 0 – 2 vuotta => luku käyrältä 5

Menetelmä 6:

Käyrä, jolta piste luetaan, valitaan kuntoindeksin, valtaojan iän ja mutkaisuuden perusteella:

- kuntoindeksi < 25 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta sekä uoma erittäin mutkainen (4) => luku käyrältä 1
- kuntoindeksi < 25 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta => luku käyrältä 2
- kuntoindeksi \geq 25 ja valtaojan ikä yli 10 vuotta => luku käyrältä 3
- kuntoindeksi < 25 ja valtaojan ikä 3 – 10 vuotta => luku käyrältä 3
- kuntoindeksi \geq 25 ja valtaojan ikä 3 – 10 vuotta => luku käyrältä 4
- kuntoindeksi < 25 ja valtaojan ikä 0 – 2 vuotta => luku käyrältä 4
- kuntoindeksi \geq 25 ja valtaojan ikä 0 – 2 vuotta => luku käyrältä 5

Menetelmä 7:

Kuten menetelmä 1:ssä, mutta kuntoindeksiä on vähennetty valtaojan iän mukaan, seuraavasti:

- valtaojan ikä \leq 6 vuotta => kuntoindeksi – 2
- valtaojan ikä > 6 vuotta => kuntoindeksi – 4
- valtaojan ikä > 6 vuotta sekä uoma erittäin mutkainen (4) => kuntoindeksi – 6

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

5.1 Valtaojien ikä

Haastattelussa kysyttiin valtaojan viimeisintä kaivu- tai perkausvuotta. Valtaojan kaivuvuosi oli ilmoitettu 45 %:lla ja perkausvuosi (kunnostus) 78 %:lla tutkimuspisteistä. Joko perkaus- tai kaivuvuosi oli tiedossa 88 %:sta tutkimuspisteistä. Taulukossa 15 on esitetty, minkä verran aikaa on kulunut ko. toimenpiteistä. Valtaojan perkaus käsittää tässä uoman kunnossapitoon tai syventämiseen liittyvät toimenpiteet. Kaivu ymmärretään yleensä valtaojan uudelleen kaivuksi sen mittasuhteita oleellisesti suurentaen tai kokonaan uuden valtaojan kaivuksi. Haastattelussa käsitteet ovat saattaneet jäädä epäselviksi siten, että kaivulla ja perkauksella on tarkoitettu samaa asiaa.

Viimeisen kymmenen vuoden aikana oli tutkimusaineiston valtaojista hieman yli 15 % kaivettu ja 70 % perattu. Järvi-Suomessa oli koko maan keskiarvoa nuoremmat valtaojat. Korkeusasemittain tarkasteltuna korkeudella 41 – 60 m olevien valtaojien perkauksesta on kulunut keskimääräistä kauemmin aikaa.

Taulukko 15. Tutkimusvuoteen laskettu valtaojien ikä. (Ts. kuinka monta vuotta sitten valtaoja on perattu, kaivettu sekä perattu tai kaivettu.)

Toimenpide	Valtaojan ikä		
	med.	ka.	n
Perkaus	5	8,8	564
Kaivu	28	27,3	328
Perkaus tai kaivu	6	9,9	638

5.2 Valtaojien mitat

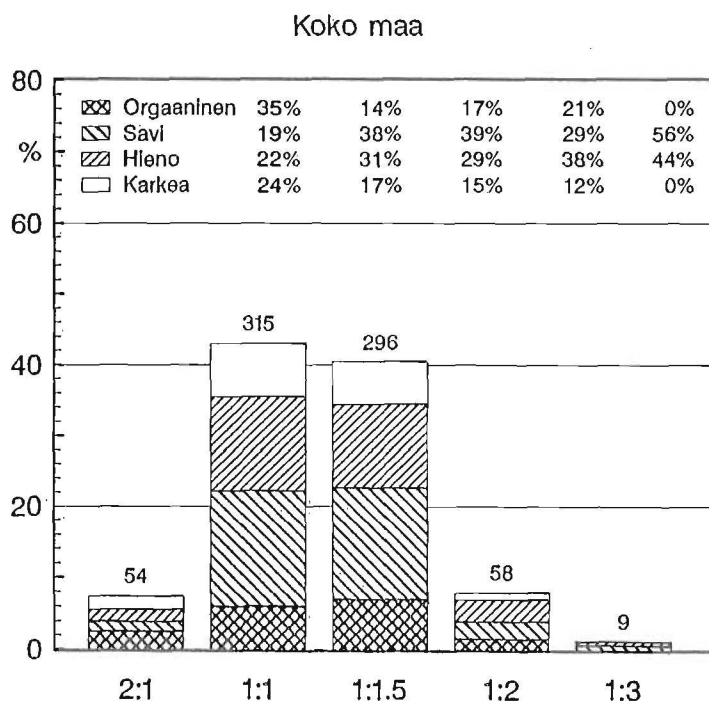
Valtaojan syvyys mitattiin keskimääräisenä syvyytenä tutkimusvälillä. Koko maan valtaojien syvyyden mediaaniarvo oli 1,1 m. Alle 0,9 m syvyisiä valtaojista oli noin 30 % ja yli 1,4 m noin 25 %. Maaston tasaisuudesta johtuen eniten syviä valtaojia oli Pohjanmaalla, Vaasan (med. 1,3 m), Kokkolan (med. 1,3 m) ja Oulun (med. 1,2 m) vesi- ja ympäristöpiireissä. Matalimmat valtaojat olivat Tampereen, Keski-Suomen ja Mikkelin vesi- ja ympäristöpiireissä.

Keskimääräinen valtaojan pohjan leveys koko Suomessa oli 0,8 m. Pintaleveyden mediaaniarvo oli 3,5 m. Valtaojan pohjan- ja pintaleveyksissä ei ollut suuria alueellisia eroja, poikkeuksena Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri, jossa valtaojan sekä pohjan- että pintaleveys olivat pienempiä kuin muualla maassa. Myös valtaojan syvyys oli Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirissä pienempi kuin muualla maassa, mutta tällöin valtaojan kaltevuus oli suurempi, mikä johtui maaston kaltevuudesta.

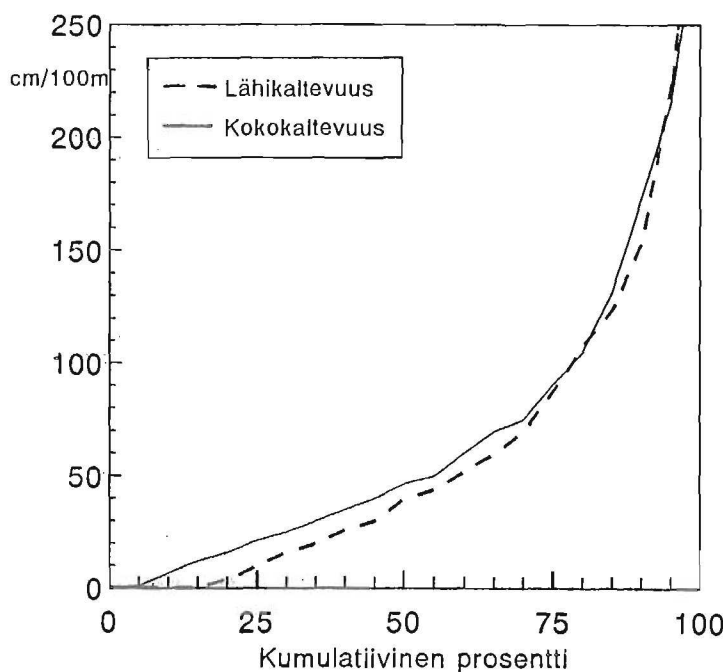
Yleisimmin esiintyvät valtaojan luiskan kaltevuudet olivat 1:1 (42%) ja 1:1,5 (40 %). Jyrkkäluiskaisia (2:1) valtaojia oli vajaa 8 % tutkimuspisteistä. Valtaojien luiskan kaltevuudet eri maalajiryhmissä on esitetty kuvassa 26.

Valtaojan 0 - kohdan poikkileikkauspinta-alan mediaaniarvo koko Suomessa oli $2,0 \text{ m}^2$. Koska Pohjanmaan viljelyalueet ovat heikosti viettäviä, tarvitaann siellä suuremmat valtaojat (med. $2,7 \text{ m}^2$).

Valtaojan lähikaltevuus mitattiin uomassa 50 m matkalla tutkimuslinjan 0-kohdasta alaspäin. Kokokaltevuus oli koko mitatun matkan kaltevuus. Valtaojan lähikaltevuuden mediaaniarvo koko maassa oli $40 \text{ cm}/100 \text{ m}$ ($I=0,0040$). Neljäsosa valtaojista oli kaltevuudeltaan alle $10 \text{ cm}/100 \text{ m}$ ja kolmeneljäsosaa alle $88 \text{ cm}/100 \text{ m}$. Noin 15 %:lla lähikaltevuus oli 0 tai mitatulla 50 m:n matkalla nouseva. Yli $200 \text{ cm}/100 \text{ m}$ kaltevuuksia oli koko maassa noin 7 %:lla tutkituista valtaojista. Jyrkimmät valtaojat olivat Keski-Suomen, Helsingin ja Kymen vesi- ja ympäristöpiireissä. Pienimmän kaltevuuden valtaojat sijaitsivat Oulun, Turun ja Mikkelin vesi- ja ympäristöpiireissä. Valtaojan lähi- ja kokokaltevuuden jakauma on esitetty kuvassa 27.



Kuva 26. Valtaojan luiskan kaltevuudet eri maalajiryhmissä.



Kuva 27. Valtaojien pituuskaltevuuden jakauma (lähi- ja kokokaltevuus).

Valtaojan kokokaltevuuuden mediaaniarvo oli 47 cm/100 m. Puolessa tutkituista valtaojista oli kaltevuus välillä 21–91 cm/100 m. Noin 15%:lla valtaojan kokokaltevuus oli alle 10 cm/100 m.

Suuralueittain tarkasteltuna valtaojan kaltevuus on pienin Pohjanmaalla, mediaaniarvon ollessa 35 cm/100 m. Suurimmat valtaojan kaltevuudet olivat Järvi-Suomessa, missä mediaaniarvo oli 58 cm/100 m. Mitä korkeammalla tutkittu peltokuvio sijaitsi, sitä suurempi oli valtaojan kaltevuus.

5.3 Tekninen kuivavara

Tekninen l. laskennallinen kuivatussyvyys koko maan tutkituissa valtaojallisissa peltokuvioissa oli äyräällä 1,16 m, A-pisteessä 1,46 m, B-pisteessä 2,26 m ja tutkimuslinjan päässä pellon reunalla 2,93 m. Salaojitettujen peltokuvioiden kuivatussyvyudet ovat avo-ojitettuja peltokuvioita suuremmat. Ero äyräällä ja A-pisteessä on noin 0,2 m, B-pisteessä noin 0,5 m ja tutkimuslinjan päässä jo yli 0,7 m (taulukko 16).

Salaojitetuilla peltokuvioilla oli laskennallinen kuivatussyvyys äyräällä lähes puolessa tutkituista pisteistä alle maankuivatuksen suunnitteluohjeiden mukaisen 1,1 m syvyyden. Pisteessä A vastaava osuus on 29 %, pisteessä B 18 % ja pellon reunalla enää 10 %. Avo-ojitetuilla tai ojittamattomilla peltokuvioilla maankuivatuksen suunnitteluohjeen mukaisen kuivatussyvyyden 0,90 m alittaa äyräällä 41 % tutkituista pisteistä. Vastaava osuus pisteessä A on 23 % ja pisteessä B ja pellon reunalla tutkimuslinjan päässä 10 %.

Taulukko 16. Laskennalliset l. tekniset peltojen kuivatussyvyudet koko maassa. (Määritetty sivun 43 kaavan mukaisesti).

Tutkimuspiste	n	Kuivatussyvyys [m]							
		min-maks	ka.	hajonta	Kum. summakäyrältä luettu % arvo				
					10	25	50	75	90
Äyräs	724	0,09–6,01	1,16	0,50	0,70	0,80	1,10	1,40	1,70
Avo-ojitettu	222	0,30–6,01	1,06	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50
Salaojitettu	423	0,14–4,43	1,21	0,48	0,73	0,90	1,12	1,50	1,73
Ei oja	79	0,09–3,70	1,12	0,59	0,55	0,70	0,91	1,30	1,85
A-piste	724	–0,10–13,3	1,46	0,83	0,79	1,03	1,29	1,71	2,28
Avo-ojitettu	222	–0,10–13,3	1,30	1,02	0,70	0,87	1,16	1,43	1,84
Salaojitettu	423	0,30–4,84	1,50	0,67	0,84	1,07	1,39	1,77	2,24
Ei oja	79	0,32–5,82	1,76	0,95	0,74	1,12	1,45	2,27	3,01
B-piste	723	–0,23–22,2	2,26	1,77	0,88	1,24	1,72	2,72	4,33
Avo-ojitettu	222	–0,23–22,2	1,85	1,82	0,82	1,12	1,46	1,97	2,99
Salaojitettu	422	–0,14–11,6	2,31	1,60	0,88	1,29	1,83	2,78	4,42
Ei oja	79	0,51–10,2	3,14	2,17	1,24	1,60	2,26	3,97	5,98
C-piste	723	–0,63–25,4	2,93	2,40	1,02	1,48	2,17	3,64	5,69
Avo-ojitettu	222	0,16–25,4	2,33	2,28	0,83	1,28	1,77	2,47	4,08
Salaojitettu	422	–0,63–14,5	3,05	2,26	1,10	1,51	2,37	3,87	5,87
Ei oja	79	0,51–16,7	3,98	2,97	1,26	1,98	3,14	4,78	7,02

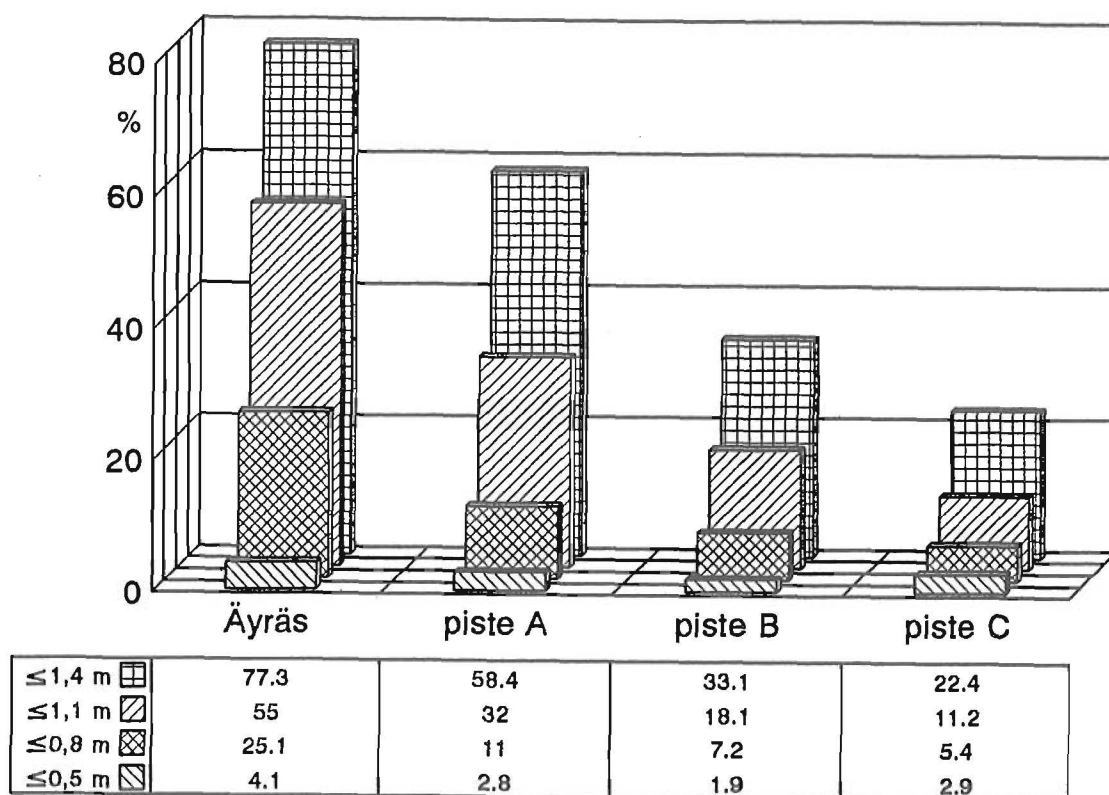
Taulukko 17. Kuivatussyvyydet A-pisteessä vesi- ja ympäristöpiireittäin ja paikalliskuivastavoittain (peltokuvion vesien laskupaikka valtaoja).

Vesi- ja ympäristöpiiri	Laskennallinen kuivatussyvyys [m]						Kemiallinen ks. [m]		
	n	avo-oja	salaoja	ojaton	kaikki		n	ka	med.
					ka	med.			
Helsinki	145	1,09 (14)	1,70 (110)	1,77	1,65	1,40	145	1,58	1,80
Turku	107	1,31 (12)	1,36 (83)	1,41	1,36	1,23	106	1,51	1,60
Tampere	72	1,74 (24)	1,51 (43)	1,50	1,58	1,21	55	1,35	1,40
Kymi	53	1,10 (21)	1,36 (22)	2,10	1,40	1,19	45	1,44	1,40
Mikkeli	20	1,36 (5)	1,04 (10)	1,37	1,20	1,12	14	0,99	0,95
Kuopio	19	1,53 (8)	1,59 (9)	1,42	1,55	1,44	19	1,23	1,30
Pohjois-Karjala	23	0,98 (10)	1,21 (8)	1,23	1,12	1,08	18	1,09	0,95
Vaasa	132	1,43 (45)	1,52 (79)	2,44	1,54	1,42	125	1,47	1,50
Keski-Suomi	26	1,25 (13)	1,51 (10)	3,13	1,57	1,30	17	1,20	1,20
Kokkola	63	1,17 (31)	1,30 (26)	1,47	1,25	1,16	58	1,38	1,40
Oulu	52	1,18 (31)	1,60 (19)	1,66	1,35	1,25	49	1,12	1,00
Kainuu ja Lappi	12	1,29 (8)	1,44 (4)	.	1,34	1,19	10	0,80	0,77
Yhteensä / ka.	724	1,30 (222)	1,50 (423)	1,76	1,46	1,29	661	1,41	1,40

Pohjanmaalla 75 %:lla peltokuvioista kuivatussyvyys äyräällä oli yli 1,0 m. Tämä johtuu tasaisen maaston edellyttämistä syvistä valtaojista. Etelä- ja Järvi-Suomessa kuivatussyvyys äyräällä oli 50 %:lla tapauksista suurempi kuin 1,0 m. Pisteessä A kuivatussyvyyksien erot eri suuralueilla tasoittuvat. Noin 70 %:lla Etelä-Suomen ja Pohjanmaan peltokuvioista on riittävä kuivatussyvyys. Vastaava luku Järvi- ja Pohjois-Suomessa on noin 50 %. Kun tutkimuslinjaa edetään valtaojasta poispäin kuivatussyvyys yleensä kasvaa Etelä- ja Järvi-Suomen pelloilla, jossa peltokuviot ovat kaltevia. Taulukon 17 mukaan koko maan tutkimuspisteissä laskennallinen kuivatussyvyys ($n = 724$) on 1,46 m ja kemiallinen kuivatussyvyys 1,43 m (med. arvo 1,50 m). Kemiallista kuivatussyvyyttä ei ole voitu määrittää kaikissa pisteissä ($n = 661$).

Kuvassa 28 on arvioitu tutkimuslohkon eri pisteissä kuivatuksen suunnitteluohjeiden perusteella kuivatussyvyyden jakautumista eri luokkiin. Alle 0,5 metrin kuivavara on vain 2 - 4 %, alle 0,8 metrin kuivavara 5 - 12 %, alle 1,1 metrin kuivavara 11 - 33 % tapauksista. Kuivatuksen mitoitusohjeen mukaisen kuivavaran alittavia lukuarvoja esiintyy 22 - 58 % koko tutkimusaineistosta. Avo-ojituksen ohjesyvyyden (1,1 m) perusteella voi kuivatushäiriöitä siten esiintyä enimmillään 32,0 % (piste A) tapauksista ja salaojituksen ohjesyvyyden mukaan arvioituna enimmillään noin 58 % tapauksista. Koska ohjearvoissa on mukana 30 cm:n liettymisvara, on todellisia ongelmia tarkasteltava ohjesyvyyttä luokkaa alemmalta tasolta. Siten salaojitetuilla pelloilla kuivavara on riittämätön em.:lla 32 %:lla ja avo-ojitetuilla 11 %:lla pelloista (piste A).

Suuralueittain kuivatussyvyyksiä pisteessä A on tarkasteltu taulukossa 18. Avo-ojitetuilla pelloilla ohjearvon 0,8 m alittavia kuivatussyvyyksiä on eniten Järvi-Suomessa (17 %) ja Pohjois-Suomessa (17,6 %). Vähiten niitä oli Etelä-Suomen pelloilla (9,5 %). Etelä-Suomessa, jossa pellot on pääosin salaojitettu (70 %), ohjearvon 1,1 m alittuvia kuivatussyvyyksiä on 31 %. Salaojituksen kuivatussyvyyden vaatimuksia ei täytä Pohjanmaalla 40 %, Järvi-Suomessa 41 % ja Pohjois-Suomessa 41 % pelloista. Pohjois-Suomessa salaojitus on vähäistä ja aineisto on siksi suppea.

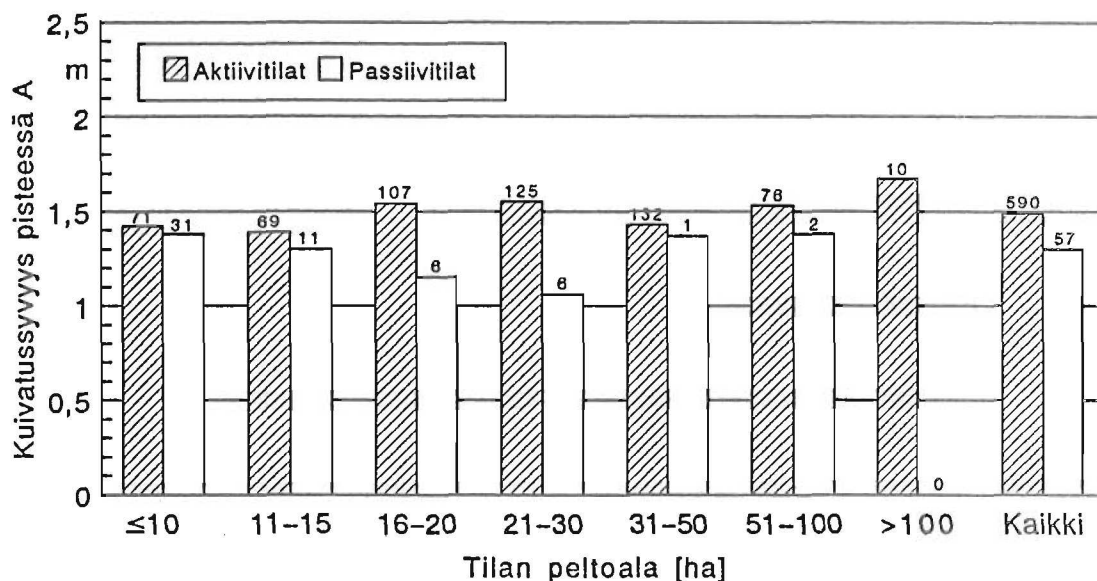


Kuva 28. Pisteiden, joissa kuivatussyvyys (äyräs, A, B ja C) oli pienempi (tai yhtä suuri) kuin 0,5 m, 0,8 m, 1,1 m ja 1,4 m osuus koko tutkimusaineistosta.

Taulukko 18. Tutkimuspisteiden osuus (%), joissa kuivatussyvyys oli pienempi (tai yhtä suuri) kuin 0,5 m, 0,8 m, 1,1 m ja 1,4 m.

Alue	/piste	≤0,5 m	0,5<...≤0,8 m	0,8<...≤1,1 m	1,1<...≤1,4 m	> 1,4
Koko maa	/äyräs	4,1	21,0	29,9	22,3	22,7
	/Piste A	2,8	8,2	21,0	25,9	41,6
	/Piste B	1,9	5,3	10,9	15,0	66,9
	/Piste C	2,9	2,5	5,8	11,2	77,6
Etelä-Suomi	/äyräs	4,5	26,1	31,4	21,4	16,6
	/Piste A	1,9	7,6	21,3	26,8	42,4
	/Piste B	1,1	3,4	9,6	14,4	71,5
	/Piste C	2,4	2,6	3,2	9,0	83,2
Järvi-Suomi	/äyräs	6,8	21,6	37,5	25,0	9,1
	/Piste A	4,5	12,5	23,9	23,9	35,2
	/Piste B	0,0	10,2	8,0	13,6	68,2
	/Piste C	3,4	3,4	4,0	9,1	80,6
Pohjanmaa	/äyräs	2,1	13,5	24,3	22,3	34,8
	/Piste A	3,3	8,3	28,4	16,6	43,4
	/Piste B	3,7	5,8	12,8	16,5	61,2
	/Piste C	3,3	2,9	9,9	13,7	70,2
Pohjois-Suomi	/äyräs	11,8	5,8	41,2	23,6	17,6
	/Piste A	5,9	11,7	23,6	23,5	29,4
	/Piste B	5,9	11,7	29,5	11,7	41,2
	/Piste C	5,9	11,7	17,7	23,5	41,2

Liitteessä 7 ja 8 on esitetty kuivatussyvyydet aktiivi- ja passiivituloilla peltosuuruusluokan mukaan koko maassa ja suuralueittain. Kuvassa 29 on esitetty koko maan valtaojallisten peltokojen kuivatussyvyys pisteessä A aktiivi- ja passiivituloilla peltokoon mukaan eriteltynä.



Kuva 29. Valtaojallisten peltola kuivatussyvyys pisteessä A aktiivi ja passiiviviloilla tilakoon mukaan luokiteltuina.

5.4 Kemiallinen kuivatussyvyys

Palko on tutkinut (1988, 1994) happamien sulfaattimaiden kuivatuksen yhteydessä maan kemiallista kuivatussyvyyttä. Redox-potentiaali (Eh) laskee voimakkaasti mentäessä maan pintakerroksesta pelkistyneisiin olosuhteisiin. Voimakkain muutosvyöhyke kuvaa maan kemiallista kuivatussyvyyttä. Kemiallinen kuivatustila kuvaa siis alueen maaprofiilin hapetus-pelkistysoloja. Kemiallinen kuivatustila määritellään syvyytenä, missä ferrirautaa (Fe^{3+}) muuttuu ferroraudaksi (Fe^{2+}), mikä voidaan mitata Redox-potentiaalin nopeana laskuna alle nollan (Palko ym. 1988).

Taulukosta 19 ilmenee, että sulfaattimaita on yli 45 % pelloista Vaasan ympäristössä ja eniten Pohjanlahden rannikolla välillä Vaasa – Oulu. Keskimäärin kemiallinen kuivatussyvyys oli tutkimuspisteissä (740 kpl) 1,50 m. Happamilla sulfaattimailla vastaava kuivatussyvyys oli keskimäärin 1,23 m ja ei – happamilla sulfaattimailla 1,57 m. Ero johtuu siitä, että sulfaattimaiden kuivatus ja hoito on jäänyt jälkeen muista peltoviljelyn kehittämistoimista ja että sulfaattimaat ovat alavilla ja tasaisilla alueilla.

Taulukko 19. Suomen peltola kuivatustilatutkimuksessa on määritetty sulfaattipellon keskimääräinen kemiallinen kuivatussyvyys rannikon vesi- ja ympäristöpiireissä. Kuivatussyvyys on erikseen esitetty happamissa sulfaattisavimaissa ja ei-happamissa maissa (Palko 1994). (H.S. = happamat sulfaattimaat)

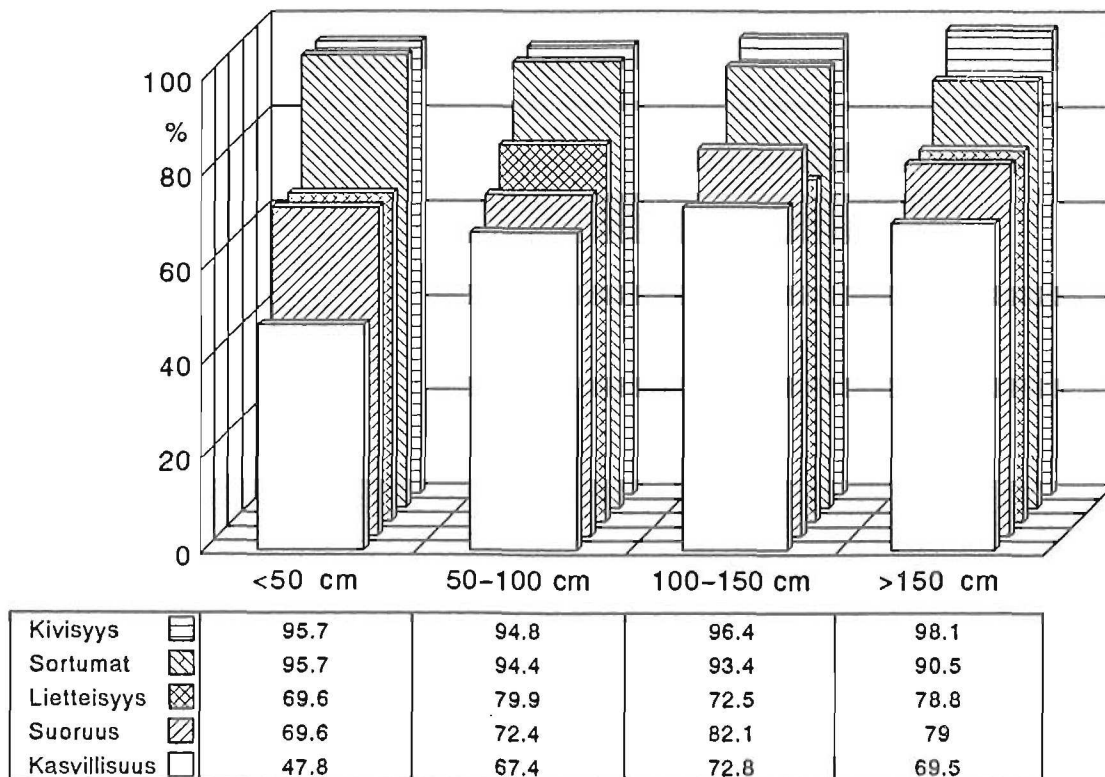
Vesi- ja ympäristöpiiri	n	H.S maita		Kemiallinen kuivatussyvyys [m]		
		km ²	%	H.S maa	ei hapana maa	kaikki
Helsinki	184	257	6,4	1,09	1,67	1,63
Turku	164	570	6,6	1,05	1,67	1,56
Tampere	102	105	4,4	1,18	1,46	1,44
Vaasa	154	1 568	45,4	1,40	1,56	1,48
Kokkola	76	530	30,2	1,10	1,46	1,34
Oulu	60	330	24,0	1,12	1,26	1,23
Yhteensä / ka.	740	3 360	20,4	1,23	1,57	1,50

5.5 Valtaojien kunto

Valtaojien kuntoa tutkittiin suoruuden, kasvillisuuden, kivisyyden, lietteisyyden ja sortumien määrän perusteella (liite 4). Taulukossa 20 on esitetty kuntotekijöiden jakautuminen eri luokkiin.

Koko maan valtaojista oli puolet pääosin suoria (1.luokka) ja vain vajaa 10 % mutkaisia (4.luokka). Valtaojista 70 % sisälsi vain vähän tai ei ollenkaan kasvillisuutta. Noin 5 % valtaojista oli kasvillisuuden tukkimia (4.luokka). Valtaojat olivat lähes kivettömiä 79 % kaikista tapauksista ja kaikkiaan 96 % osalta kivisyydestä ei ollut haittaa. Lietettä oli valtaojan pohjalla vain vähän 44 % havainnoista ja suhteellisen vähän eli 0,05 – 0,10 m 33 % havainnoista. Haitallisessa määrin eli yli 0,25 m lietettä arvioitiin olevan vain 6 %:lla valtaojista. Runsaasti tai pahoin sorteineita valtaojia oli noin 7 %. Sortumia ei havaittu juuri lainkaan 53 % valtaojista. Hyvässä tai tyydyttävässä kunnossa olevien uomien yleisyys valtaojan syvyysluokittain on esitetty kuvassa 30.

Tutkimuksessa kartoitettiin veden virtausta valtaojassa rajoittavat esteet. Rajoittavaksi kohde katsottiin silloin, kun se pienensi valtaojan poikkileikkauspinta-alaa vallitsevasta poikkileikkausalasta. Joka neljäs veden virtausta rajoittavasta esteestä oli korkeammalla kuin valtaojan pohja tutkimuslinjan 0-kohdassa. Runsaat 60 % esteistä oli korkeintaan 50 m etäisyydellä valtaojan 0-kohdasta. Rajoittavia esteitä oli 60 %:lla tutkituista valtaojista. Puolessa näistä tapauksista oli syynä liian pieni tai tukkeutunut rumpu. Suunnitteluohjeiden mukaista minimikokoa (halkaisija 0,5 m) pienempiä rumpuja oli noin 40 %. Puolet rummuista oli lietteettömiä, mutta lähes 10 %:lla oli lietettä yli 0,25 m. Muita virtausta rajoittavia esteitä olivat mm. ahdas maastonkohta (kallioleikkaus, silta), liettynyt ojanpohja ja läheisen vesistön padotus.



Kuva 30. Valtaojien kunto valtaojan syvyysluokittain. Kuvassa on esitetty kunnossa olevien uomien (eli kuntotekijöiden osalta hyvät (1) ja tyydyttävät (2) uomat) jakauma.

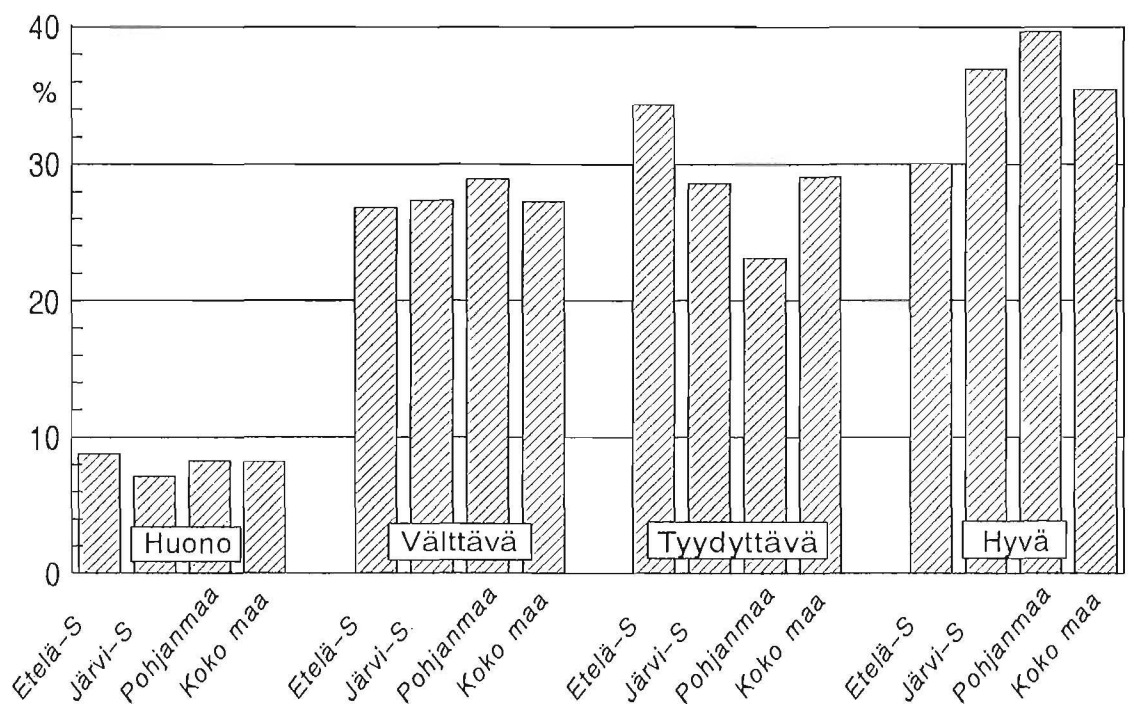
Taulukko 20. Maastossa tutkittu valtaojien kunto. Eri kuntotekijöiden jakautuminen luokkiin 1–4.

Kuntotekijä	Valtaojien suhteellinen osuus (%) kuntoluokittain			
	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Suoruus	50	28	13	9
Kasvillisuus	19	50	26	5
Kivisyys	79	17	3	1
Lietteisyys	44	32	18	6
Sortumat	53	40	6	1

Uomien vedenjohtokyky

Uoman vedenjohtokykyä kuvaava kuntoindeksi luokiteltiin neljään luokkaan siten, että luokituksen hyvä sai uoma, jossa kuntoindeksi oli välillä 31 – 35. Tyydyttävässä kunnossa oli uomat, joiden kuntoindeksi oli 26 – 30. Välttävissä kunnossa uomat olivat silloin, kun kuntoindeksi oli 20 – 25. Uoman kunto oli huono, kun kuntoindeksi oli alle 20. Kuvassa 31 on esitetty uoman kunto suuralueittain. Pohjois-Suomi on jätetty kuvasta pois pisteiden vähyydestä johtuen.

Pienten uomien virtausvastuskertoimen määrittäminen, kun otetaan huomioon sekä uoman hydrauliset ominaisuudet (pohjan karkeus, kasvillisuus, poikkileikkauksen muoto, sortumat, mutkaisuus) että vallitseva virtaustilanne (virtaama, vedenkorkeus, viskositeetti) osoittautui varsin herkäksi em. muuttujien suhteen. Uoman kasvillisuuden ja mutkaisuuden sekä uoman iän vaikutus lopulliseen virtausvastuskertoimen lukuarvoon on merkittävä. Eri menetelmille tehtiin herkkyystarkastelu, jossa eri osatekijöiden vaikutusta arvioitiin virtausvastuskertoimeen.



Kuva 31. Valtaojan kunto suuralueittain.

Herkkyystarkastelu

Taulukossa 21 on esitetty eri virtausvastuskertoimen määrittämiseen kehitettyjen menetelmien antamat tulokset siten, että taulukkoon on poimittu eri menetelmillä saadut Manningin kertoimen lukuarvot kumulatiivisen summajakauman 25, 50 ja 75 prosentin fraktiilien kohdalta.

Virtausvastuskertoimen lukuarvo riippuu valuma-alueen koosta. Mitä suuremmat valuma-alueet, sitä suurempi on kerroin. Vaikka eri menetelmien välillä onkin eroja, on suunta selvä.

Menetelmän 1. (perustana kuntoindeksi) antamat tulokset, varsinkin suurilla valuma-alueilla, ovat ehkä liian "hyviä". Menetelmissä 2 ja 3 on kuntoindeksiä korjattu valtaojan iän perusteella (menetelmä 3:lla on pienempi korjaus). Näillä korjauksilla on huomattava vaikutus virtausvastuskertoimien suuruuteen. Kertoimet ovat kauttaaltaan pienempiä ja varsinkin suurilla valuma-alueilla vaikutus näkyy ehkä siksi, että nämä suurimmat kertoimet ovat samalla myös vanhimmissa uomissa. Kun kriteeriksi otetaan pelkästään valtaojan ikä ja kasvillisuus (menetelmä 4.) saadaan pienillä valuma-alueilla keskimääräistä suurempia vastuskertoimen lukuarvoja.

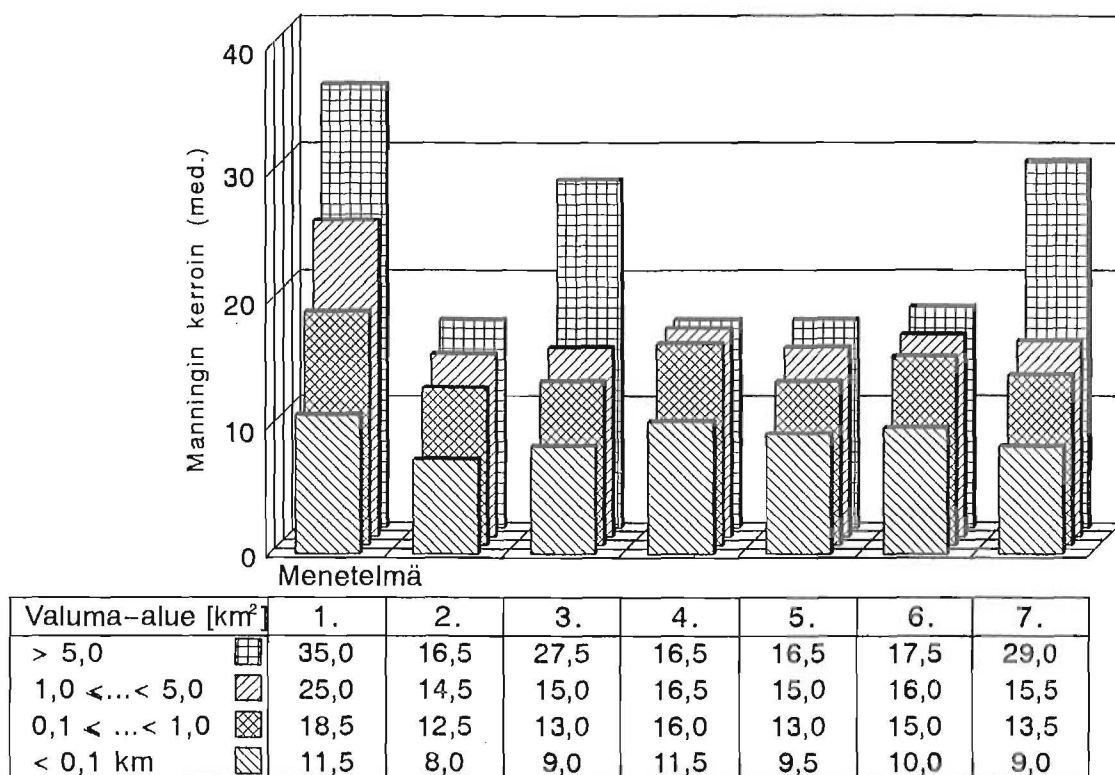
Menetelmissä 5 ja 6, oli perusteena kuntoindeksi ja valtaojan mutkaisuus. Niissä ei ole havaittavissa suuria poikkeamia muihin menetelmiin nähden. Mutkaisuus otettiin yhdeksi tarkasteltavaksi tekijäksi. Hosia on tutkimuksissaan käyttänyt sitä yhtenä luokittelevana tekijänä. Kun menetelmiin 5 ja 6 lisättiin vielä valtaojan iän huomioon ottava korjaus (= menetelmä 7), päädyttiin virtausvastuskertoimien lukuarvoissa eri valuma-alueiluokissa lähelle aikaisemmin kirjallisuudessa esitettyjä lukuarvoja.

Kuvassa 32 on esitetty eri menetelmillä määritettyjen virtausvastuskertoimen (Manningin kerroin) mediaaniarvojen vaihtelut eri valuma-alueen kokoluokissa. Mediaaniarvo kuvaa tässä tapauksessa keskimääräistä Manningin kerrointa paremmin kuin keskiarvo, koska M-kertoimen jakauma eri valuma-alueiluokissa ei noudata normaali-jakaumaa.

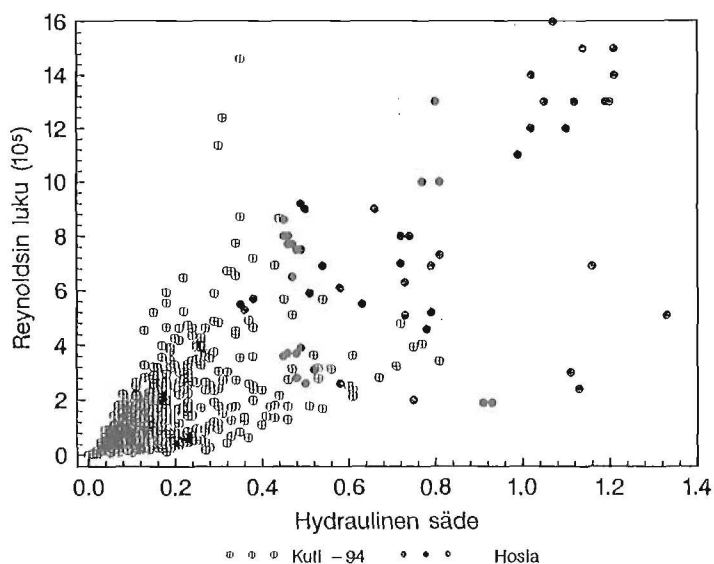
Tulosten mukaan lasketut uoman hydrauliset säteet ja Reynoldsin luvut olivat kauttaaltaan pienempiä kuin Hosian tutkimuksessaan "Pienten uomien virtausvastuskerroin" esittämät lukuarvot (kuva 33).

Taulukko 21. Manningin kertoimen lukuarvot niiden määrittämiseen kehitettyjen menetelmien mukaan.

Mene- telmä	Manningin kertoimen lukuarvo valuma-alueen kokoluokittain (km ²) ja fraktiileittain											
	< 0,1			0,1 ≤...≤ 1,0			1,0 ≤...≤ 5,0			≥ 5,0		
	25	50	75	25	50	75	25	50	75	25	50	75
1.	8,5	11,5	17,0	12,5	18,5	26,0	15,0	25,0	33,5	29,0	35,0	39,5
2.	5,0	8,0	11,5	7,0	12,5	18,5	8,5	14,5	24,5	15,5	16,5	29,5
3.	5,0	9,0	13,0	10,0	13,0	20,5	13,0	15,0	24,5	16,0	27,5	30,5
4.	6,5	11,5	18,0	11,5	16,0	25,5	14,0	16,5	30,0	13,0	16,5	29,5
5.	6,5	9,5	12,0	11,0	13,0	20,5	10,5	15,0	24,5	14,0	16,5	29,0
6.	8,0	10,0	13,0	12,0	15,0	21,5	14,0	16,0	25,5	16,0	17,5	30,5
7.	5,0	9,0	13,0	10,0	13,5	20,5	14,0	15,5	26,5	17,0	29,0	31,0



Kuva 32. Manningin kertoimen mediaaniarvot niiden määrittämiseen kehitettyjen menetelmien mukaan.



Kuva 33. Hydraulinen säde ja Reynoldsin-luku uomassa (HQ:n aikana) Hosian tutkimusten mukaan sekä kuivatuslaturitkimuksessa valta-
ojille määritetyn ylivirtaaman mukaan.

5.6 Kuivatushäiriöt

Tutkimuksen yhteydessä viljelijältä kysyttiin peltokuvioilla mahdollisesti esiintyvistä kuivatushäiriöistä. Tulokset perustuvat viljelijöiden ilmoittamiin tietoihin.

Kaikista kuivatushäiriöitä esiintyi keväisin yli 45 %:lla tutkituista peltokuvioista. Syksyisin kuivatushäiriöitä ilmeni neljänneksellä peltokuvioista. Kesäisin ja talvisin esiintyi kuivatushäiriöitä alle 10%:lla tutkituista peltokuvioista (kesä 9 %, talvi 3,6 %). Kymen vesi- ja ympäristöpiirissä esiintyi keväisin kaksi kolmasosalla ja syksyisin yli puolessa tutkituista peltokuvioista kuivatushäiriöitä. Tulos poikkeaa koko maan

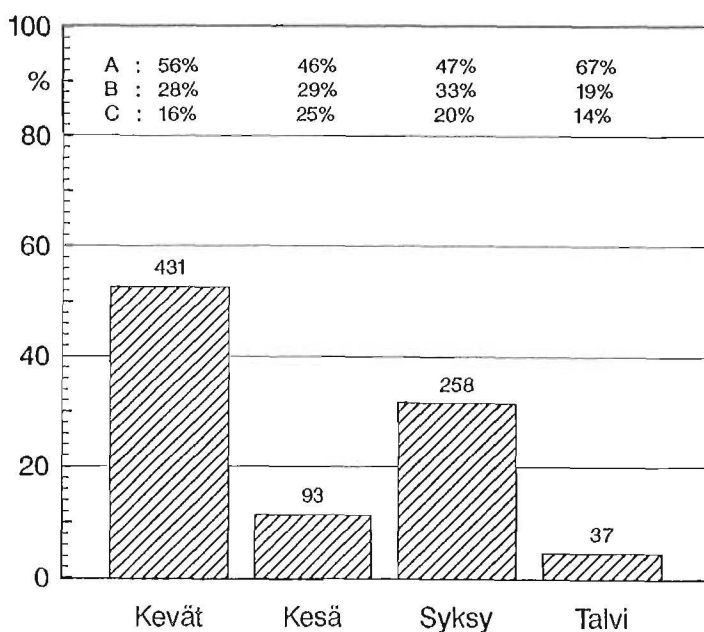
keskiarvosta huomattavasti. Peltokuvion korkeusasemalla ei ole juurikaan vaikutusta kuivatushäiriön esiintymiseen.

Kun peltokuviolla esiintyi kuivatushäiriöitä keväällä, nämä olivat noin 56 %:lla tapauksista jokavuotista. Syksyisistä kuivatushäiriöistä 47 % ilmeni joka vuosi. Keväisistä ja syksyisistä kuivatushäiriöistä noin 30 % esiintyi joka toinen tai kolmas vuosi. Kymen vesi- ja ympäristöpiirissä ilmoitetut koko maan keskiarvoa yleisemmät kuivatushäiriöt olivat pääsääntöisesti joka toinen tai kolmas vuosi esiintyviä.

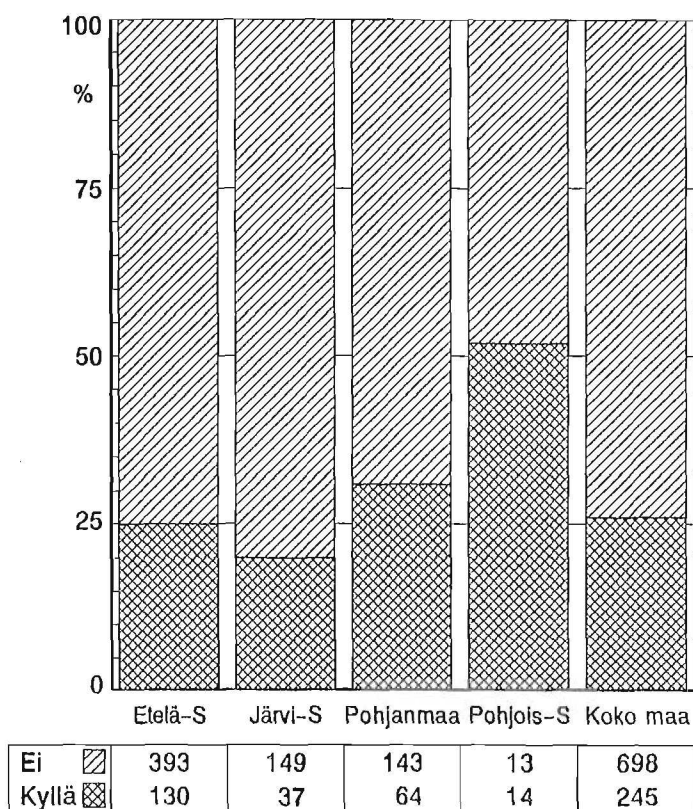
Keväisin noin 10 %:lla tutkituista peltokuvioista esiintyi vesistön tulvimisesta johtuvia haittoja. Kesäisin, syksyisin ja talvisin vain muutamassa prosentissa esiintyi em. haittoja. Suuralueilla vesistön tulvimisesta johtuvien haittojen esiintyminen kasvaa pohjoiseen päin mentäessä (Etelä-Suomi 8 %, Järvi-Suomi 10 %, Pohjanmaa 13 % ja Pohjois-Suomi 25 %). Vesistön tulvimisesta johtuvat haitat esiintyvät 40 %:lla tapauksista joka vuosi ja 60 %:lla satunnaisesti 2–10 vuoden välein.

Noin 23 %:lla pelloista, joilla kuivatushäiriöitä esiintyi, ei ko. häiriöistä ollut min-käänlaista haittaa viljelylle. Toukotöiden viivästymistä aiheutui noin 33 %:lle häiriöpelloista. Haittaa sadonkorjuulle ja satotason alenemista oli kolmanneksella kuivatushäiriön vaivaamista peltokuvioista. Täysin viljelykelvottomia peltokuvioita ei juurikaan esiintynyt. Kun peltokuviolla esiintyi kuivatushäiriöitä, vain noin 10 %:lla ongelma kosketi koko peltokuvioita. Puolessa peltokuvioista, joilla oli kuivatushäiriöitä, ongelma-alue oli suuruudeltaan 10–30 % peltokuvion alasta.

Kuvassa 34 on esitetty kuivatushäiriöiden esiintyminen ja esiintymistiheys eri vuodenaikoina. Kuvaan 34 piirrettyjen pylväsdiagrammin pylväiden päällä olevat luvut ilmoittavat, kuinka monella peltokuviolla häiriöitä esiintyi kunakin vuodenaikana koko maassa. Pylväiden korkeudet ilmaisevat häiriöilmoitusten jakautumisen eri vuodenaikojen suhteen. Kuvion ylälaudassa olevilla prosenttiluvuilla ilmaistaan kuivatushäiriöiden esiintymistiheyden jakaumat eri vuodenaikoina. Keväällä esiintyi kuivatushäiriöitä 431 peltokuviolla, mikä on 53 % kaikista kuivatushäiriöistä eri vuodenaikoina. Keväällä 56 %:lla peltokuvioista häiriöitä esiintyi joka vuosi, 28 %:lla joka toinen tai kolmas vuosi ja 16 %:lla 1–2 kertaa 10 vuoden aikana.



Kuva 34. Kuivatushäiriöiden esiintyminen ja esiintymistiheys eri vuodenaikoina. (A = joka vuosi, B = joka toinen vuosi, C = 1–2 kertaa 10 vuoden aikana.)



Kuva 35. Viljelijöiden mielipiteet peruskuivatuksen tehostamistarpeesta haastattelun perusteella.

Kenttätutkimusten mukaan matala valtaoja on yleisin salaojituksen toimintahäiriön syy. Tämä oli viljelijän arvion mukaan toiseksi yleisin syy tiivistymisen jälkeen. Lähes 30 %:lla tapauksista häiriön syynä oli matala valtaoja. Sarkaojitetulla tai ojittamattomalla peltokuvioilla noin 20 %:lla syynä märkyyteen on matala valtaoja.

Tutkimuksen yhteydessä kysyttiin viljelijän mielipidettä peruskuivatuksen tehostamistarpeesta. Haastatelluista 26 % ilmoitti, että peruskuivatusta tulisi tehostaa. Pohjanmaalla tehostamistarve nähtiin suurimpana, sillä 31 % piti peruskuivatusta riittämättömänä. Vähiten tarvetta oli Järvi-Suomessa (20 %). Paikalliskuivatuksen tehostamistarve oli yleensä hieman suurempi. Pohjanmaalla puutteet olivat selvimmin peruskuivatuksessa. Haastattelun tulokset on esitetty kuvassa 35.

Jos valuma-alue on suuri, ongelmia aiheuttava ylivirtaama (tulva) oli pitempiaikainen ja aiheutti siis kuivatushäiriöitä. Pienillä valuma-alueilla ylivirtaamat saattavat olla hyvinkin suuria, mutta kestoltaan niin lyhytaikaisia, etteivät peltokuvion viljelijät ole kokeneet niistä aiheutuvan kuivatushäiriöitä.

5.7 Kuivatusparametrien väliset vuorosuhteet

Valtaojien kaltevuus turvemailla oli keskimääräistä pienempi. Turvemailla, joissa turvekerroksen paksuus yli 0,5 m, valtaojista oli noin 15 %. Näiden valtaojien lähikaltevuuden keskiarvo oli 44 cm/100 m ja kokokaltevuuden keskiarvo 48 cm/100 m. Hienorakeisissa maalajeissa (liite 13) vastaavat keskiarvot olivat lähikaltevuudella 86 cm/100 m ja kokokaltevuudella 94 cm/100 m. Karkeissa maalajeissa lähikaltevuuden keskiarvo oli 105 cm/100 m ja kokokaltevuuden keskiarvo 114 cm/100 m.

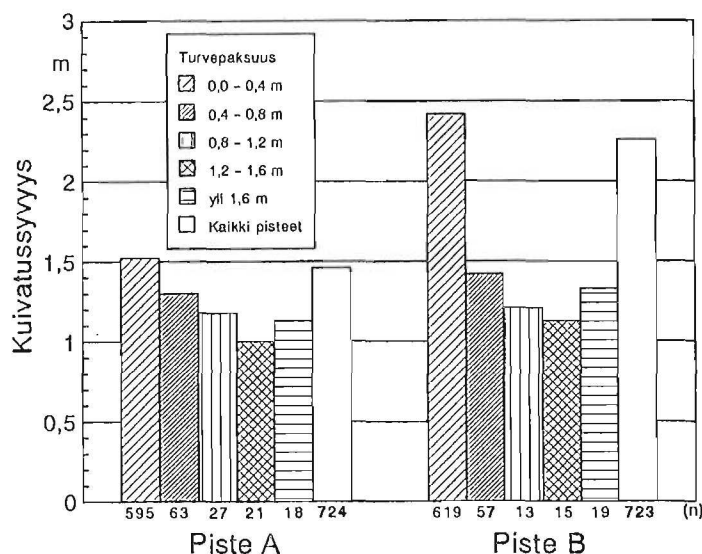
Mitä syvempi valtaoja oli, sitä pienempi oli pituuskaltevuus. Alle 0,6 metriä syvissä valtaojissa kokokaltevuus on keskimäärin 127 cm/100 m, 0,6 – 1,0 metriä syvissä valtaojissa 91 cm/100 m, 1,0 – 1,4 metriä syvissä valtaojissa 62 cm/100 m ja tätä

syvemmissä 34 cm/100 m. Lähikaltevuudet ovat 10–20 % pienempiä kuin kokokaltevuudet.

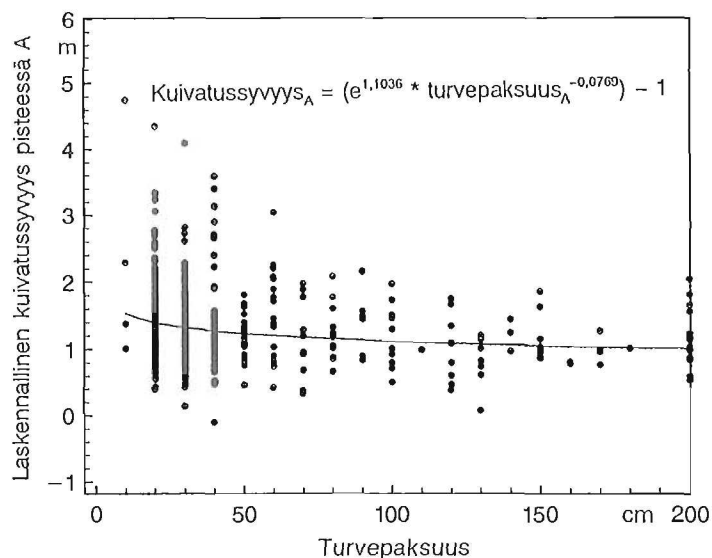
Valtaojan poikkileikkausalan kasvaessa pituuskaltevuus pienenee. Valtaojissa joiden pökkileikkauspinta-ala on alle 1,0 m², kaltevuuden keskiarvo on 125 cm/100 m. Kun poikkileikkausala on 1,0 – 2,0 m², kaltevuuden keskiarvo on 91 cm/100 m ja poikkileikkausalan ollessa yli 5,0 m², kaltevuus on keskimäärin 30 cm/100 m.

Turvemailla kuivatussyvyudet eivät eronneet äyräällä koko aineiston lukuarvoista. Tutkimuspisteessä A kuivatussyvyys on noin 0,2 m, pisteessä B noin 0,6 m ja pisteessä C 0,8 m pienempiä kuin koko aineiston kuivatussyvyudet. Turvemailla pisteessä A ja B salaojituksen ohjesyvyuden alittavia kuivatussyvyksiä on noin 50 % ja pisteessä C noin 25 %. Kuvista 36 ja 37 näkyy, että turvepaksuuden kasvaessa kuivatussyvyys pienenee, lukuunottamatta hyvin paksuturpeisia alueita (1,6 – 2,0 m).

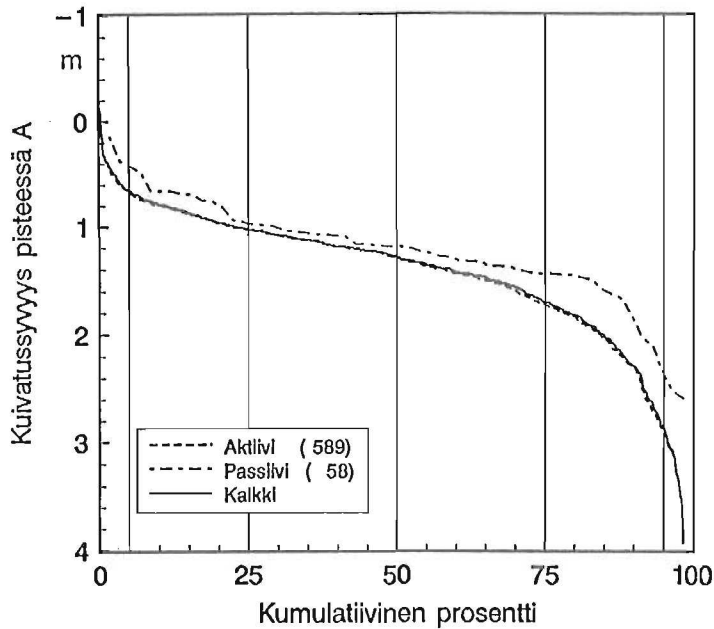
Aktiivivilojen kuivatustila ei juurikaan poikkea koko tutkimuksen valtaojallisten peltöjen kuivatustilasta. Passiivituloilla kuivatussyvyys pisteessä A oli keskimäärin 17 cm pienempi kuin koko tutkimuksen pelloilla yleensä. Kuvassa 38 on esitetty kuivatustilan erot aktiivi- ja passiivituloilla sekä kaikilla tutkimuksen tiloilla.



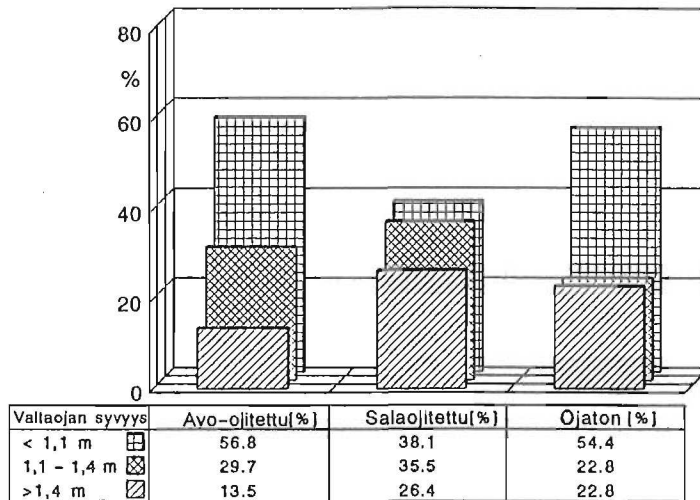
Kuva 36. Kuivatussyvyys turvemailla pisteissä A ja B.



Kuva 37. Turvepaksuuden vaikutus kuivatussyvyYTEEN pisteessä A turvemailla (n=494).



Kuva 38. Kuivatussyvyyydet aktiivi- ja passiivituloilla sekä kaikissa tutkituissa pisteissä.



Kuva 39. Valtaojien syvyyksien jakaumat (%) peltokuvion paikalliskuivatustavan mukaan.

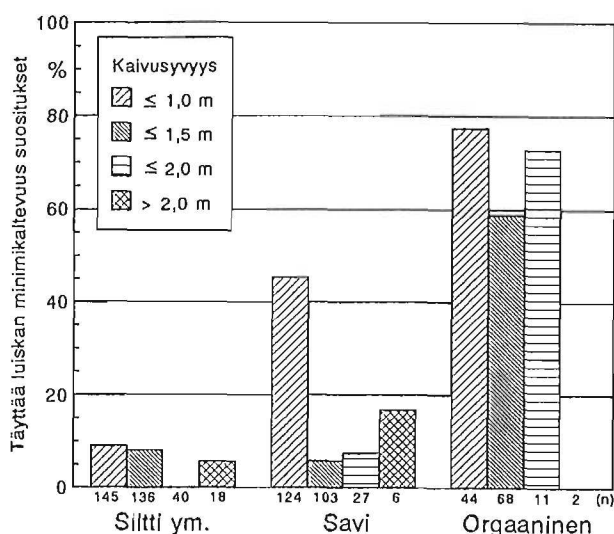
Kolmasosassa salaojitetuista peltokuvioista valtaojan syvyys ei täytä suunnitteluohjeiden mukaisia minimivaatimuksia (1,1 m). Avo-ojitetuilla ja ojattomana viljeltävillä peltokuvioilla yli puolessa tutkimuspisteistä oli valtaoja syvyys yli 1,1 m. (Kuva 39)

Tutkimusaineiston pisteistä oli 96 %:lla valtaojan pohjan leveys vähintään 30 % valtaojan syvyydestä. Suunnitteluohjeiden (Heino ym. 1992) mukaisia luiskan kaltevuuden suositusarvoja jyrkempiä kaltevuuksia oli paljon. Huomattavaa on, että ko. ohjekaltevuudet ovat uusia, eivätkä ne ole olleet voimassa silloin, kun uoma on suunniteltu ja kaivettu. Siltti- ja savimaissa keskimäärin vain joka kymmenes uoma oli suositusten mukainen. Orgaanisilla mailla tilanne oli parempi. Noin 70 %:lla kaltevuudet olivat suositusten mukaisia tai loivempia. Kuvassa 40 on esitetty luiskan kaltevuudet eri kaivussyvyyksillä siltti-, savi- ja orgaanisissa maissa. Jotta ohjeiden mukaisiin luiskan kaltevuuksiin päästäisiin, olisi valtaojia levennettävä silttimailla yli 90 %:lla tapauksista, savimailla 55 – 94 %:lla tapauksista syvyysluokasta riippuen ja orgaanisilla mailla 23 – 41 %:lla tapauksista (syvyysluokat $\leq 2,0$ m). Näin suuri leventäminen ei ole perusteltua, koska valtaojat toimivat hyvin ainakin 55 %:lla tapauksista. Valtaojien mitoituksen kasvattaminen lisää kustannuksia ja aiheuttaa kiintoaineksen huuhtoutumista, jos toteutetaan ylisuuria kaivuja. Luiskan kaltevuuksien loiventaminen ohjeiden mukaisiksi voi tulla kysymykseen vain rajoitetuissa tapauksis-

sa, jos uomien kunnossapidon geotekninen vakavuus tätä vaatii. Kokonaan uusia valtaojia ei enää juuri kaiveta.

Taulukossa 22 on esitetty tutkimusaineistossa sekä vanhoja (Vesihallitus 1986) että uusia (Heino ym. 1992) luiskan kaltevuuden ohjearvoja jyrkempien tutkimuspisteiden prosentuaaliset osuudet eri maalajeissa.

Valtaojien vierialueiden peltojen eroosioherkkyyttä tutkittiin äyrään ja pisteen A välisen lähikaltevuuden ja pintamaan perusteella. Tulokset on esitetty liitteessä 10. Kaltevuuden vaikutus eroosioon on esitetty kuvassa 18 savi-, hiesu- ja hietapelloilla (Rekolainen 1992). Eroosioherkiksi tässä suhteessa luokiteltiin savi-, hiesu- ja hietamaat (määritelty liitteessä 13), jos valtaojan lähialueen kaltevuus oli 3 – 7 % (merkittävä riski) tai yli 7 % (suuri riski). Tällaisia kaltevuudeltaan yli 3 % olevia peltoja oli kaikkiaan 10 %. Lähikaltevuudeltaan 3 – 7 % olevia peltoja oli 8,5 % ja yli 7 % olevia peltoja vain 1,5 %. Tarkemmin ympäristönäkökohtia on esitetty KUTIn yhteenvetoraportissa (Puustinen ym. 1994).



Kuva 40. Valtaojien luiskan kaltevuudet eri kaivussyvyyksillä eri maalajellessa. (n = kunkin ryhmän kokonaislukumäärä. Esim. ≤1,0 m (savimaa) ryhmässä olevasta 124 pisteestä 45,2 % on suositusten mukaisia.)

Taulukko 22. Vanhat ja uudet luiskan kaltevuuden suositusarvot eri kaivussyvyyksillä siltti- ja hiekkamaassa, savimaassa ja orgaanisessa maassa. Lisäksi tutkimusaineistossa suositusarvoja jyrkempien luiskien yleisyys.

Maaryhmä	Kaivussyvyys [m]	n	vanha suositus	suositusarvoa jyrkempi (%)	uusi suositus	suositusarvoa jyrkempi (%)
Siltti ja hiekka	≤ 1,0	145	1:1,50	50,3	1:1,75	91,0
	≤ 1,5	136	1:1,75	91,9	1:2,00	91,9
	≤ 2,0	40	1:2,00	87,5	1:2,25	100,0
	> 2,0	18	1:2,00	77,8	1:2,25	94,4
Savi	≤ 1,0	124	1:1,25	54,8	1:1,50	54,8
	≤ 1,5	103	1:1,50	44,7	1:1,75	94,2
	≤ 2,0	27	1:1,50	44,4	1:2,00	92,6
	> 2,0	6	1:1,75	83,3	1:2,00	83,3
Orgaaninen	≤ 1,0	44	1:1,00	22,7	1:1,00	22,7
	≤ 1,5	68	1:1,25	41,2	1:1,25	41,2
	≤ 2,0	11	1:1,50	27,3	1:1,50	27,3
	> 2,0	2	1:1,75	100,0	1:1,75	100,0

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Peruskuivatuksen tila

Valtaojat ovat **ialtään** nuoria. Valtion panostus peruskuivatuksen edistämiseen erityisesti 1980-luvulla näkyy tuloksessa. Valtaojien viimeisestä perkauksesta oli kulunut alle 10 vuotta. Vain neljäsosa valtaojista oli kunnostettu yli 15 vuotta sitten ja 10 % yli 26 vuotta sitten. Keskimääräistä kauemmin kunnostuksesta oli kulunut Oulun ja Lapin lääneissä iäkkäiden kunnostushankkeiden ryhmässä.

Edellisessä kuivatustilatutkimuksessa (Wäre ym. 1956) pellot olivat sarkaojissa (87,1 %) ja vain pieni osa oli salaojissa (5,4 %). Käytössä olevassa hyödynarviointimenetelmässä (Vesi- ja ympäristöhallitus) salaojituksen ohjesyvyysnä käytetään 1,40 m ja avo-ojituksen 1,10 m. Luvuissa on mukana 0,30 metrin liettymisvara. Liettymisvaran käyttö on perusteltua suunnittelussa, jotta valtaojat pysyvät toimintakunnossa pitempään.

Suomen peltojen keskimääräinen laskennallinen **kuivatussyvyys** oli äyräällä 1,16 m, pisteessä A 1,46 m ja pisteissä B ja C vielä suurempi. Salaojituksen toimivuuden kannalta kuivatussyvyys oli liian pieni äyräällä 55 %, pisteessä A 32,5 %, pisteessä B 18 % ja pisteessä C 11 % tapauksista. Avo-ojituksen kannalta liian alhaisia kuivatussyvyysiksi oli äyräällä 25 %, pisteessä A 12 %, pisteissä B 7 % ja C 5 % tapauksista. Tilakoon kasvaessa kuivatustilanne parani, mutta ei merkittävästi. Valtaojan varrella vuorottelevat suurten ja pienten tilojen pellot, joten eroja ei synny. Tuloksissa näkyy peltojen salaojittamista varten toteutetut valtaojien kaivut. Kuivatussyvyys on etenkin Pohjanmaalla riittämätön.

Pohjanmaan ja Pohjois-Suomen suuralueilla kuivavara oli sitä pienempi, mitä etäämmällä valtaojasta tarkasteltava kohta oli. Tämä johtuu alueiden tasaisuudesta. Turvemailla maan painuminen ja kuluminen vaikuttavat myös kuivatussyvyyttä pienentävästi. Näillä alueilla äyräällä kuivavara oli 20 cm suurempi, pisteessä A lähellä koko maan keskiarvoa, pisteessä B 20–50 cm ja pisteessä C jopa 1–2 m pienempi kuin koko maassa keskimäärin. Kuivatussyvyys aktiivituloilla ei eronnut koko tutkimuksen valtaojallisten peltojen kuivatussyvyydestä. Sen sijaan passiivituloilla peltojen kuivatus oli jonkin verran huonommassa kunnossa. Niiden peltojen kuivatussyvyys pisteessä A oli 17 cm pienempi kuin koko tutkimuksen pelloilla keskimäärin.

Kuivatussyvyys turvemailla pieneni turvepaksuuden kasvaessa aina 1,6 metriin saakka. Tutkimuspisteessä A turvepaksuuden kasvu nolasta 1,6 metriin merkitsi kuivatussyvyyden laskua 0,52 m:llä ja pisteessä B jopa 1,29 m:llä. Turvepaksuudeltaan yli 0,4 metriä olevilla pelloilla kuivatussyvyys olivat alle salaojituksen ohjesyvyysien jo keskiarvoinakin laskettuina. Turvemaiden painuminen sekä turvepeltojen tasaisuus selittävät kuivatussyvyyden alenemisen suurimmaksi osaksi. Painumat kasvavat turvepaksuuden kasvaessa. Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa, jossa on paksuturpeisia peltoja, valtaojat on kaivettava syvemmiksi.

Kemiallinen kuivatussyvyys osoittautui olevan samaa suuruusluokkaa kuin perinteisellä laskentasysteemillä saadut kuivavarat. Laskennallinen kuivatussyvyys (1,46 m) oli 0,05 m suurempi kuin kemiallinen keskimääräinen kuivatussyvyys (1,41 m). Vesi- ja ympäristöpiirien alueilla kemiallinen kuivatussyvyys vaihteli samalla tavalla kuin laskennallinen kuivatussyvyys. Käytössä oleva kuivavaran laskentakaava näyttää olevan tavanomaisen kuivatustilan arviointiin toimiva menetelmä. Sen sijaan kuiva-

tushäiriötilanteisiin olisi kehitettävä kuvaavampi menetelmä, joka ottaa paremmin huomioon valtaojan vedenjohtavuuden.

Valtaojan syvyys oli suurin salaojitettujen peltojen kohdalla ja pienin avo-ojitetuilla alueilla. Salaojituksen kannalta liian matalia valtaojia jo salaojitetuilla pelloilla oli 38 % ja avo-ojitetuilla pelloilla 57 %. Vuoden 1956 tutkimukseen verrattuna valtaojien syvyys on kasvanut noin 0,5 m.

Valtaojien kuntoa tarkasteltiin suoruuden, kasvillisuuden, kivisyyden ja sortumien perusteella. Kasvillisuus on suurin selittäjä valtaojien toimivuudessa teknisen mitoituksen ohella. Huonossa tai korkeintaan välttävissä kunnossa olevia valtaojia oli 22 % (suoruus). Kasvillisuuden mukaan näitä oli 31 %. Matalat valtaojat olivat myös kasvullisuuden osalta heikoimmassa kunnossa. Tulosten mukaan huonokuntoiset valtaojat ovat paitsi kunnoltaan heikkoja myös matalia. Valtaojista 10–15 % kärsii kunnossapidon puutteista.

Valtaojien sortumia ja luiskankaltevuuksia tutkittiin eri syvyys- ja maalajiluokissa voimassa olevien suositusten perusteella. Ohjearovot täyttäviä valtaojia oli siltti- ja hiekkamailla alle 10 %. Savimailla alle 1 metriä syvissä valtaojissa ohjearovot täyttäviä luiskia oli 45 %, mutta tätä syvemmissä valtaojissa enää 6 – 17 % syvyydestä riippuen. Hyvin matalissa valtaojissa oli sortumia vain 5 %:lla tapauksista. Syvyydeltään yli 1,50 m valtaojissa oli sortumia vain 10 %:lla tapauksista. Valtaojien pituuskaltevuus oli yleensä myös verrattain loiva. Lähikaltevuuden mediaaniarvo oli 40 cm/100 m. Neljäsosa valtaojista on kaltevuudeltaan alle 10 cm/100 m ja kolmeneljäsosaa alle 88 cm/100 m. Tulokset ovat merkittäviä sen vuoksi, että luiskakaltevuuden ohjeiden mukaiset mitoitusmerkittävät toisaalta valtaojien ylimitoitusta ja toisaalta merkittävää kustannusten lisäyksiä ojitusvaiheessa. Toisaalta luonto pyrkii muuttamaan uomat hydraulisesti puoliympyrän muotoisiksi.

Valtaojien vedenjohtavuus on yleisesti ottaen hyvä. Valtaojituksen tarpeen määrää tulosten mukaan paikalliskuivatus. Tämä on yleisesti tunnettua laadittaessa peltoalueiden peruskuivatussuunnitelmia. Salaojitusta varten suunnitellut uomat ovat riittäviä myös ylivirtaamalla lukuunottamatta noin kymmenesosaa (10 %) valtaojia, joissa kunnostustarvetta on selvästi sekä kunnan (kuntoindeksi alle 20) että tulvimisen vuoksi (haastattelussa tulvivia valtaojia oli 9 % peltokuvioista). Uomien vedenjohtokykyä arvioitiin kuntoindeksin avulla. Vedenjohtokyvyltään huonoja valtaojia oli 8 % ja välttäviä 28 %. Näissä luokissa ei suuralueiden kesken ollut juuri eroja. Virtausvastuskertoimen mukaan arvioitiin valtaojia eri koko luokissa. Pienet valtaojat (valuma-alue alle 1 km²) olivat Manningin kertoimen mukaan arvioituna vedenjohtavuudeltaan huonoimpia. Vedenjohtavuus kasvoi valuma-alueen ja valtaojan koon kasvaessa.

Kasvillisuus ja ikä vaikuttivat vedenjohtavuuteen eniten. Tutkitut valtaojat olivat pienempiä mittasuhteiltaan kuin Hosian (1980) tutkimuksessa (kuva 32). Hyvin pienillä uomilla (valuma-alue < 1 km²) virtausvastuskerroin (M) vaihteli välillä 10 – 20. Tarkastelutapa ja arviointimenetelmä ei lukuarvoihin juuri vaikuttanut. Arviointi tehtiin seitsemällä eri menetelmällä (kuva 32). Pienten valtaojien virtausvastuskerrointa tulisi tutkia tarkemmin. Jos voidaan kehittää luotettava valtaojien kenttämittauksiin perustuva virtausvastuksen arviointitapa, silloin olisi mahdollista kehittää kuivatushäiriötilanteisiin uusi hyödynarviointimenetelmä. Tässä tutkimuksessa kehitettiin laskentaa varten suuntaa antava malli (liite 6).

Kuivatushäiriöitä esiintyi viljelijöiden haastattelun mukaan noin 45 %:lla tutkituista peltokuvioista. Tämä vastaa hyvin em. valtaojien kuntoon perustuvaa tarkastelua, jossa toimivuudeltaan huonoja tai välttäviä valtaojia oli yhteensä 36 %. Kuivatushäiriöitä oli eniten keväällä eli 53 % kaikista kuivatushäiriötapauksista. Syksyisin kuivatushäiriöstä esiintyi 32 %:lla tapauksista. Kuivatushäiriöiden ilmoittamiseen saattoivat vaikuttaa haastattelutilanne ja haastattelun ajankohta. Sadonkorjuunaikana pienetkin häiriöt rekisteröidään ja haittoja ehkä liioitellaankin. Tähän tulokseen saattoi vaikuttaa myös eri vuosina tehdyt tutkimukset. Kuivatushäiriöitä koskevaa tarkasteluun on suhtauduttava kriittisesti, koska tuloksen oikeellisuus riippuu hyvin monesta tekijästä. Eri vesi- ja ympäristöpiirien välillä ei tässä suhteessa voi tehdä johtopäätöksiä.

Ympäristönäkökohtien perusteella valtaojitusta on tarkasteltu valtaojien lähialueelta tulevan eroosion, suojakaistan leveyden, valtaojien sortumien ja luiskakaltevuuden, lietteisyyden sekä perkaustarpeen kannalta.

Eroosio, siitä johtuva liettyminen ja maahiukkasiin sitoutuneen fosforin huuhtoutuminen aiheuttavat **ympäristökuormitusta**. Eroosioaines joutuu viettäviltä pelloilta helposti valtaojiin ja niiden kautta osittain vesistöihin. Jos valtaojien lähialueet ovat hyvin kaltevia ja pintamaa herkästi erodoituvaa, huuhtoutumisriski kasvaa. Eroosioherkkiä pelloja (kaltevuus yli 3 % ja pintamaa savea, silttiä tai hietaa), oli 10 % (liite 10). Etelä-Suomessa eroosioherkistä peltolohkoista oli noin 70 % ja Järvi-Suomessa noin 20 %. Järvi-Suomen ja Etelä-Suomen lähikaltevuudeltaan yli 3 % pellot ovat savi- ja hienoainepitoisimpia ja myös näin arvioituina eroosioherkimpä. Savisia maalajeja on tutkimuksen mukaan Etelä-Suomessa 56 % kaikista pelloista. Hiesu- ja hietamaita taas on Järvi-Suomessa 52 % kaikista pelloista. Järvi-Suomessa eroosioherkkiä alueita on 16 %, Etelä-Suomessa 13 %, Pohjanmaalla 4 % ja Pohjois-Suomessa ei juuri ollenkaan. Eroosio-ongelma kohdentuu lähes kokonaan Etelä- ja Länsi-Suomen pelloille, ja on siellä hyvinkin merkittävä ongelma. Tarkemmin näitä on selostettu KUTIn yhteenvetoraportissa (Puustinen ym. 1994).

Suojakaistojen leveys valtaojien varrella oli 60 %:lla tapauksista alle ohjearvon 0.60 m. Suojakaistojen leveyden mediaaniarvo oli 0,50 m. Suojakaistoista 20 % oli yli metrin ja vain 5 % oli yli 3 metriä leveitä. Suojakaistan kasvillisuudesta oli nurmea 45–70 %, nurmea sekä pensaita oli 20–30 %. Täysin paljaita suojakaistoista oli alle 5 %. Ympäristönsuojelun kannalta suojakaistojen leveyksien tulisi olla ainakin kaksinkertaisia nykyisiin leveyksiin verrattuna. Tutkimuksen mukaan eroosioaineiden ja ravinteiden pääsy valtaojiin on hyvinkin mahdollista. Toisaalta valtaojien vierialueiden peltujen kaltevuus on riskitekijä vain 8,5 %:lla pelloista.

Lietettä valtaojien pohjalla oli yleensä vähän. Neljäsosalla valtaojista lietettä ei ollut ollenkaan, neljäsosalla enintään 10 cm ja viidesosalla valtaojia lietteen paksuus pohjalla oli yli 20 cm. Suuralueitten välillä ei ollut mitään selviä eroja. Valtaojien liete kuvasi koostumukseltaan alueen valtamaalajeja siten, että Etelä- ja Järvi-Suomessa liete oli savea tai muuta hienoainesta ja Pohjanmaalla sekä Pohjois-Suomessa enemmän orgaanista ainetta sisältävää (alueiden suoperäisyys). Valtaojien liete lienee peräisin kaivutöiden jälkeen tapahtuvasta kiintoaineksen kulkeutumisesta, luiskien syöpmistä ja paikallisista sortumista. Laaja-alaisten metsäojitusten vaikutuksen olisi odottanut näkyvän tuloksissa selvemmin ja erityisesti Pohjanmaalla. Ilmeisesti yksittäiset ja paikallisesti hyvinkin ongelmalliseksi koetut valtaojitusten tukkeumat metsäojitusten kiintoaineksista eivät ole yleinen ongelma. Ympäristön kannalta näillä ei näytä olevan erityistä merkitystä.

6.2 Peruskuivatuksen tarve

Peltojen kuivatustilatarkastelun perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että kolmasosalla Suomen pelloista on kuivatustilaan liittyviä ongelmia. Taulukossa 23 on arvioitu peruskuivatuksen tarvetta kuivatustilaan vaikuttavien tekijöiden perusteella.

Taulukko 23. Arvio Suomen peltojen kuivatustarpeesta. Prosenttiluvut ilmaisevat luokittelevan kriteerin osuuden kussakin kuivatustilaan vaikuttavassa tekijässä.

Kuivatustilaan vaikuttava tekijä		Peruskuivatuksen tarve (%) tutkimuskuvioista			
	n	Ei tarvetta	Vähäinen	Merkittävä	Suuri
1. Valtaojan ikä		<10	10 <...≤ 15	15 <... ≤ 25	> 25 v
		68	7	15	10
2. Kuivatussyvyys pisteessä A		>1,4	1,1 <...≤ 1,4 m	0,8 <...≤ 1,1 m	≤ 0,8 m
– kaikki	724	42	26	21	11
– avo-oja (1,10),	222	27	29	29	15
– salaoja (1,40),	423	50	24	16	10
– ojatton (1,40),	79	60	20	8	12
3. Vajaakuivatus		ei ollenkaan	25 % tutk.linj.	50 % tutk.linj.	100% tutk.linja
– kaikki	722	52	24	15	6
– avo-oja	222	56	25	14	6
– salaoja	421	49	26	17	6
– ojatton	79	57	10	6	3
4. Valtaojan kuntoindeksi		> 30	25 <...≤ 30	20 <...≤ 25	x ≤ 20
	719	35,5	29	27,3	8,2
5. Kuivatushäiriö		ei esiinny			esiintyy
– kaikki	1044	54,4			45,6
– valtaojalliset,	714	50,4			49,6
6. Tulviminen		ei esiinny			esiintyy
– kaikki	964	88,6			11,4
– valtaojalliset,	664	91,0			9,0
7. Perkaustarve	727	ei			on
(m)		56			44 138 m (pelto)
8. Peruskuivatuksen	943	ei esiinny			kyllä
tehostamistarve (haastattelu)		74			28

Selostus taulukon määrittelyistä:

Valtaojan ikä:

- kuivatustarve on suuri, jos valtaojan ikä on yli 25 vuotta
- merkittävä, jos ikä on 15–25 vuoden välillä
- vähäinen, jos ikä on 10–15 vuoden välillä
- valtaoja on kunnossa, jos viimeisestä kaivusta/perkauksesta on kulunut alle 10 v
- iän ohella valtaojan kunnossapito, mm. pensaikon raivaus, ovat vaikuttavia tekijöitä

Kuivatussyvyys pisteessä A:

Piste A on edustava piste peltolohkon alareunalla, etäisyys valtaojasta 30 m (kuva 22). Arvio on tehty kuivatuksen suunnitteluohjeen ohjesyvyysiin nojautuen, siten että <0,8 m kuivatussyvyyden on arvioitu merkitsevän suurta, 0,8 – 1,1 m:n kuivatussyvyyden merkittävää ja 1,1 – 1,4 m:n kuivatussyvyyden vähäistä perkaustarvetta. Myös avo-ojitetuilla alueilla on käytetty samaa luokittelua, koska salaojitus on tavoiteltava paikalliskuivatusmuoto myös niillä pelloilla.

Vajaakuivatus:

Vajaakuivatus on laskettu vesi- ja ympäristöhallituksen suunnitteluohjeen mukaisesti kaavaan $K = M - (W + E) - (P)$ nojautuen (kohta 4.3). Peltolohkolla on katsottu olevan vajaakuivatusta, jos salaojitetulla peltokuviolla ei ole saavutettu 1,1 m:n ja avo-ojitetulla tai ojittamattomalla peltokuviolla 0,9 m:n kuivatussyvyttä. Vajaakuivatuksesta kärsiviä tutkimuslohkoja oli avo-ojitetuilla pelloilla 44 %. Vajaakuivatuksen aste on esitetty liitteessä 9. Kuivatustarve on suuri, jos koko lohko on vajaakuivatettu. Kuivatustarve on merkittävä, jos 50 % lohkoista on vajaakuivatettu ja vähäinen, jos 25 % lohkoista on vajaakuivatettu.

Valtaojan kuntoindeksi:

Kuntoindeksi on laskettu kohdassa 4.3 esitetyillä perusteilla. Kunnossa olevan uoman kuntoindeksi on yli 30, huonossa kunnossa olevan alle 20.

Kuivatushäiriö:

Laskenta perustuu haastatteluun. Kuivatushäiriön jakauma on esitetty kuvassa 34.

Tulviminen:

Laskenta perustuu haastatteluun.

Perkaustarve:

Valtaojallisten tutkimuspisteiden perkaustarve määritettiin siten, että vajaakuivatus poistuu tutkimuslohkolta. Tutkittujen peltolohkojen kohdalla perkaustarvetta oli keskimäärin 138 m (n=319). Kun alapuolinen valtaojakin otettiin huomioon, perkaustarvetta oli keskimäärin 201 m.

Peruskuivatuksen tehostamistarve:

Peruskuivatuksen tehostamistarvetta selvitettiin haastattelututkimuksella. Haastattelun tulokset on esitetty tarkemmin kuvassa 35.

Taulukon 23 perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

Suomen koko peltoala oli maatalouslaskennan (1990) mukaan 2,52 milj.ha. Aktiivitojen peltoala oli 2,24 milj.ha. Viljelyksessä oli 2,17 milj.ha. Suomen ja Euroopan yhteisön välillä neuvotellun maatalouden tukiohjelman mukaan viljelykäyttöön peltoa

jää noin 2,2 milj.ha. Kuivatustilatutkimuksessa valtaojaan rajoittuvaa peltoa oli 68,3 % kaikista pelloista. Valtaojallisia pelloja jäisi viljelykseen siten noin 1,5 milj.ha.

Valtaojan iän, kuivatussyvyyden, laskennallisen vajaakuivatuksen ja valtaojien kuntoindeksin mukaan voidaan arvioida, että suuri peruskuivatustarve on 10 %-lla valtaojallisista pelloista. Sen lisäksi 15–20 % valtaojista vaatii kunnossapidon tehostamista. Vähintään puolet valtaojista on hyvässä tai tyydyttävässä kunnossa.

Tulvimiselle alttiita valtaojia on 9 % valtaojallisista tutkimuspisteistä. Tulvimista koskeva arvio perustuu haastatteluun. Tämänkin kriteerin mukaan suuri peruskuivatustarve on noin kymmenesosalla valtaojia. Tulvivista valtaojista 43 % oli Pohjanmaalla ja 40 % Etelä-Suomessa. Valtaojien suurentamistarve kohdistuu lähes kokonaan (83 %) em. alueille.

Valtaojien kunnostustarve on em. perusteella suuri 150 000 ha:n alueella. Jonkinasteista kunnostustarvetta on lisäksi 225 000 – 300 000 ha:n alueella. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmä arvioi vuonna 1990, että silloin vireillä oli peruskuivatushankkeita 85 000 ha. Tästä pellon osuus on noin 89 % (maatilahallituksen vuositilastot rahoitetuista peruskuivatushankkeista vuosina 1980 – 1993). Etelä-Suomessa pellojen peruskuivatuksen tarve oli 14 000 ha:n alueella (17 % hakemuksista) ja Pohjanmaalla 58 000 ha:n alueella (68 % hakemuksista) eli yhteensä 85 % alueiden vesi- ja ympäristöpiireihin jätetyistä kuivatushakemuksista. Tulokset tukevat toisiaan, koska vireillä olevat hankkeet eivät missään tilanteessa sisällä kaikkia, edes välttämättömiä kuivatustarpeita. Tämä johtuu hyvinkin monesta eri tekijästä, kuten maanomistusolosuhteista, taloudellisesta tilanteesta, vallitsevasta maaseutupolitiikasta, valtion rahoitustuesta, osakkaiden itsensä toteuttamista kuivatuksista erityisesti pienehköissä kunnossapitotöissä jne.

Tutkimuksen yhteydessä kysyttiin viljelijän mielipidettä peruskuivatuksen tehostamistarpeesta. Haastatelluista 26 % ilmoitti, että peruskuivatusta tulisi tehostaa. Pohjanmaalla tehostamistarve nähtiin suurimpana, sillä 31 % piti peruskuivatusta riittämättömänä. Vähiten tarvetta oli Järvi-Suomessa (20 %). Paikalliskuivatuksen tehostamistarve oli yleensä hieman suurempi. Pohjanmaalla puutteet olivat selvimmin peruskuivatuksessa.

Maatilahallituksen peruskuivatuksia koskevien vuositilastojen (1980–1993) mukaan peltohehtaarin peruskuivatus on tullut maksamaan keskimäärin 3337 mk/ha (liite 11). Tämän mukaan viljelyyn jäävän pellon peruskuivatukseen tarvitaan valtion varoja ainakin 500 milj.mk. Peruskuivatuksen tarvetyöryhmä arvioi vuonna 1990, että silloin valmiit, valmistumassa olleet ja ojitustoimitushakemusten mukaiset peruskuivatussuunnitelmat tarvitsevat valtion varoja 316 Mmk. Vuosina 1991–1993 on rahoitettu peruskuivatushankkeita 33 Mmk. Ne sisälsivät peltoa noin 9000 ha.

Valtaojien perkaustarvetta tarkasteltiin siten, että tutkittujen valtaojallisten peltokuvioiden mukaisissa valtaojissa tuli olla ohjeiden mukainen syvyys (1,40 m) ja minimikaltevuus (5 cm/100 m). Mukaan tulivat siis peltokuviot, joilla esiintyi vajaakuivatusta. Kaikista tutkimuspisteistä vajaakuivatettuja pisteitä oli 47,9 %. Salaojitetuilla pelloilla vajaakuivatusta oli 51 % ja avo-ojitetuilla pelloilla 44 %. Valtaojien perkaustarve oli keskimäärin kutakin vajaakuivatuspistettä kohden 138 m. Tutkitun valtaojallisen peltolohkon pinta-ala oli keskimäärin 2,28 ha ja vajaakuivatuksen sisältävän peltolohkon osalta 2,26 ha (koko otanta 2,23 ha). Perkaustarve kutakin vajaakuivatus hehtaaria kohti oli 62 m. Valtaojallisten vajaakuivatusalueiden osuus koko otannasta on 32,6 %.

Tämän mukaan viljelyyn jäävän peltoalueen valtaojien perkaustarve on noin 30 000 km ($32,6 \% \cdot 1,5 \text{ milj. ha} \cdot 0,062 \text{ km}$). Tästä noin 20 000 km on Pohjanmaalla ja noin 5000 km Etelä-Suomessa.

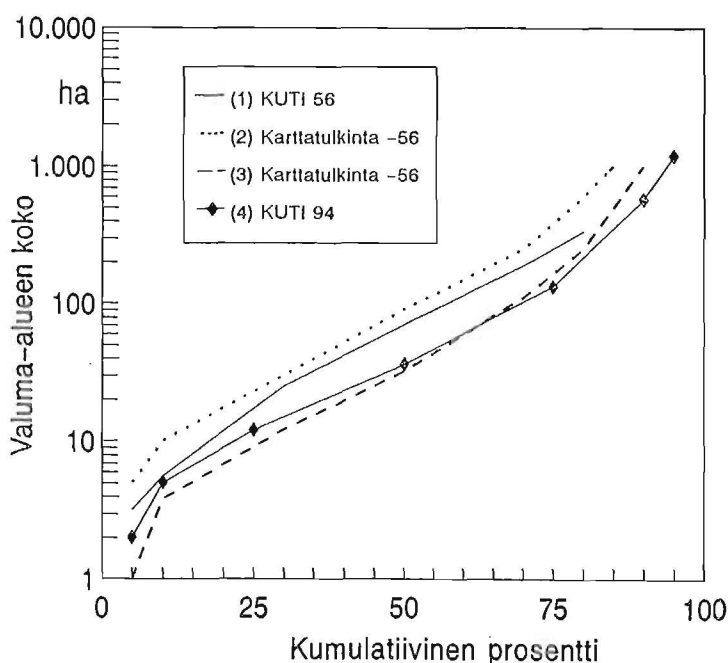
Kuivatustilatutkimuksen tulokset merkitsevät, että peruskuivatus vaatii lähivuosina pysyäkseen toimintakuntoisena noin 40 – 50 milj.mk:n investoinnit vuodessa. Summa on suuri, jos sitä arvioidaan viime vuosina myönnettyihin valtion määrärahoihin peruskuivatukseen (8 – 20 milj.mk/v). Peruskuivatukset, jotka on toteutettu 1960- ja 1970-luvuilla, ovat lähivuosina aiheuttamassa merkittävän kuivatustarpeen, jotta tehokas peltoviljely olisi mahdollista, salaojituksen toimivuus olisi varmistettu ja myös metsätalouden metsäojitusten kunnostusojituksille olisi olemassa edellytykset.

6.3 Kuivatustilassa tapahtuneet muutokset

Vuoden 1994 kuivatustilatutkimuksen tuloksia verrattiin lähes neljäkymmentä vuotta aikaisemmin julkaistuun tutkimukseen (Wäre 1956). Tutkimuspeltojen sijoittumisesta ja valtaojituksen tiheydestä kertoo osaltaan valtaojan yläpuolisen valuma-alueen koko (kuva 41). Kuvista 42 ja 43 selviää muutos, joka valtaojien keskimääräisessä syvyydessä ja pituuskaltevuudessa on tapahtunut tutkimusajankohtien välillä. Valtaojien syvyys on lisääntynyt keskimäärin 0,50 m. Pituuskaltevuuksissa ei ole tapahtunut muutoksia. Valtaojien syventäminen vaikuttaa pituuskaltevuuteen vain paikallisesti ja silloinkin kysymys on hyvin rajoitetusta muutoksesta, joka häviää valtaojan liettyminen myötä. Tulos viittaa myös siihen, että tutkimusten aineisto on samankaltainen otannan ja ajankohdan eroista huolimatta.

Valtaojien määrä on vuodesta 1956 lisääntynyt uusien peruskuivatusten johdosta. Näin vuoden 1956 tutkimuksessa arvioitiin tapahtuvan. Topografikartoille tehtiin silloin arvio otantapisteeissä valuma-alueista, joille valtaojia ei ollut merkitty (Kuva 41).

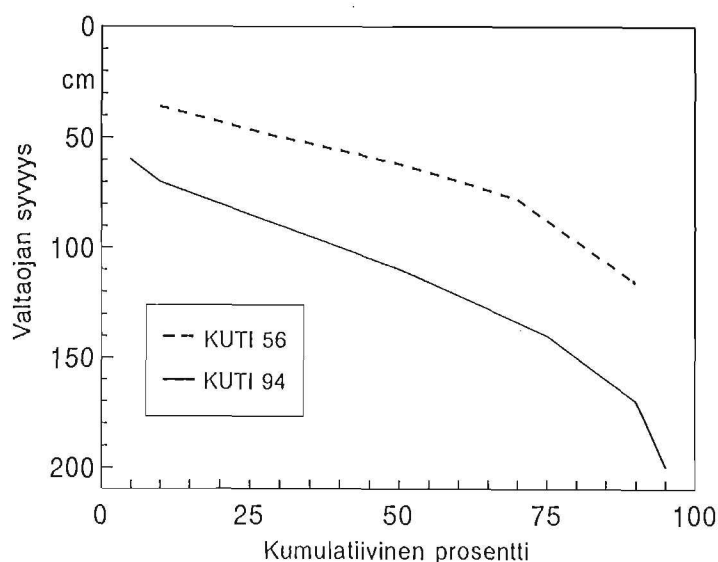
Taulukossa 24 on esitetty valuma-alueiden jakautuminen suuruuden perusteella vuoden 1956 ja 1994 kuivatustilatutkimuksessa.



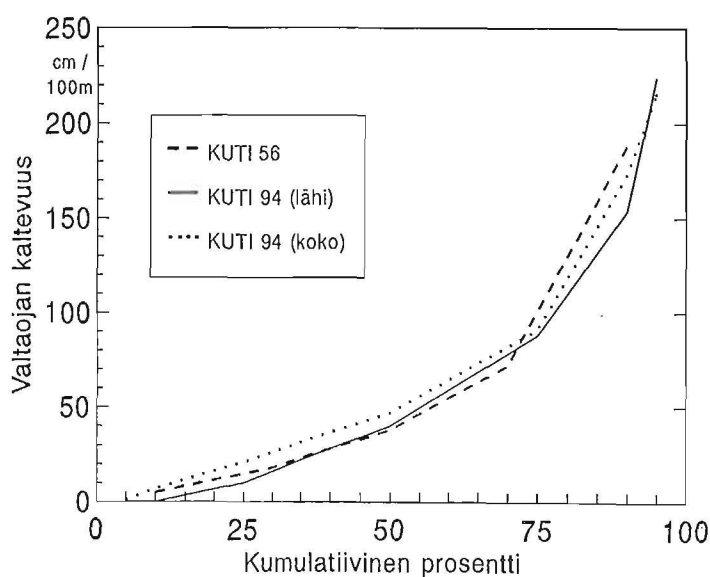
Kuva 41. Valtaojan yläpuolisen valuma-alueen koko vuoden 1956 (1) ja 1994 (4) tutkimuksissa. Lisäksi vuonna 1956 topografikartoille otantapisteeissä merkittyjen valtaojien tai vastaavien vedentuloalueet (2) sekä topografikartoille otantapisteeissä merkittyjen valtaojien tai vastaavien vedentuloalueet ja vedentuloalueet, joissa valtaojaa ei ole merkitty (3).

Taulukko 24. Valuma-alueiden jakautuminen suuruuden perusteella vuoden 1956 ja vuoden 1994 kuivatustilatutkimuksissa.

Valuma-alueen koko [ha]	Valuma-alueiden osuus [%] kokoluokassa	
	KUTI -56 (n = 2430)	KUTI -94 (n=717)
< 10	14	23
10 - 100	38	48
> 100	48	29



Kuva 42. Valtaojan syvyys – vuonna 1956 ja 1994.



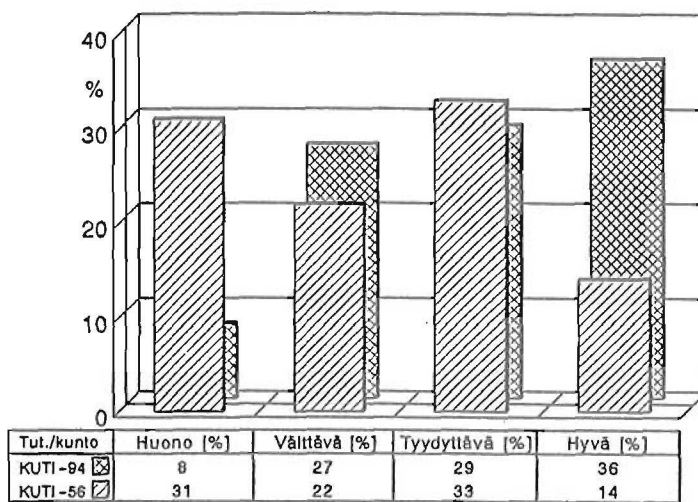
Kuva 43. Valtaojan kaltevuus vuonna 1956 ja 1994. Vuoden 1956 tutkimuksissa valtaojan kaltevuus tarkoittaa vedenpinnan kaltevuutta, silloin, kun valtaojassa on tutkimusaikana ollut vettä, muussa tapauksessa pohjan kaltevuutta.

Valtaojien kunto on viimeisen neljäkymmenen vuoden kuluessa selvästi parantunut. Vuonna -56 yli puolet valtaojista oli korkeintaan välttävässä kunnossa ja vain 14 %:lla hyvässä kunnossa. Vuonna -94 kolmannes valtaojista oli huonossa tai välttävässä kunnossa ja 36 % hyvässä kunnossa (kuva 44).

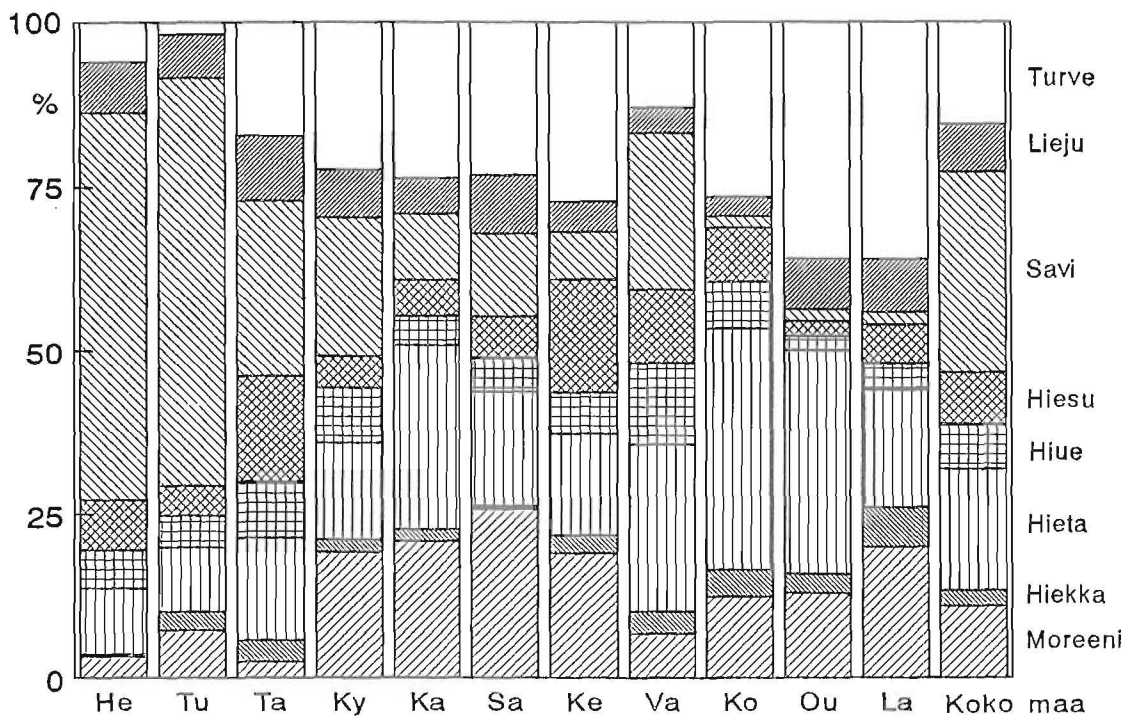
Vuoden -56 tutkimuksen valtaojan kunnan määrittämisessä ei ole arvosteltu eri kunto-tekijöitä erikseen. Valtaojan kunto on arvosteltu luokkiin hyvä, tyydyttävä, välttävä ja

huono sen mukaan onko valtaoja nykyisessä kunnossaan tutkitun peltokuvion kuiva-
tuksen kannalta riittävä ja tarvitaanko perkausta (Juusela ja Wäre 1956).

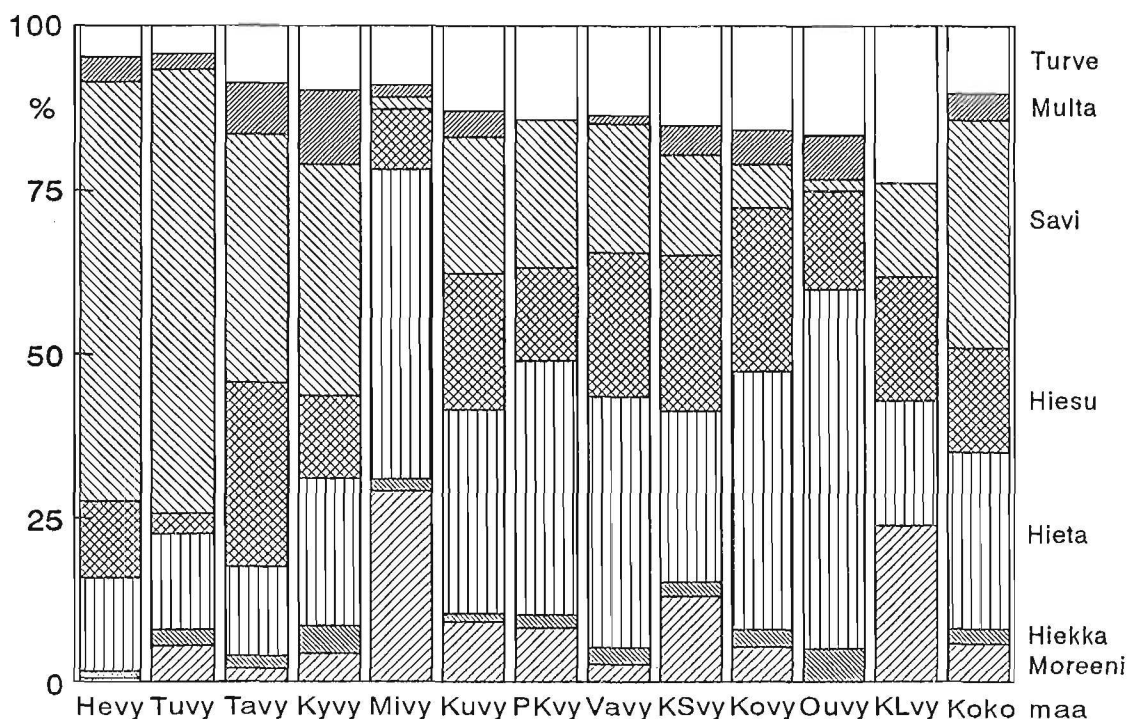
Vuosien 1956 ja 1994 kuivatustilatutkimusten maalajijakaumat poikkeavat toisistaan (kuvat 45 ja 46). Näytteet on otettu muokkauskerroksen alapuolisesta jankosta. Mo-
reenipeltojen osuus oli vuonna 1994 huomattavasti pienempi, mikä johtunee siitä, että
kivikkoisia, huonosti viljelyyn soveltuvia peltokuvioita on poistettu viljelyksestä, sitä
mukaa kun uusia peltoja on raivattu lisää ja konekanta on kehittynyt. Myös turvemai-
den osuus on vähentynyt, mikä on selitettävissä maanpinnan muokkauskerroksen
kulumisena ja sekoittumisena perusmaahan toistuvasta mekaanisesta käsittelystä
johtuen. Vuoden 1956 kuivatustilatutkimuksen tulokset on esitetty maanviljelysinsinöö-
ripiireittäin. Niiden rajat poikkesivat jossain määrin nykyisistä vesi- ja ympäristöpiirien
rajoista (Puustinen ym. 1994).



Kuva 44. Valtaojan kunto vuosien -56 ja -94 tutkimuk-
sissa.



Kuva 45. Peltojen maalajien yleisyys maanviljelysinsinööripiireittäin vuoden 1956
kuivatustilatutkimuksessa (Juusela ja Wäre 1956). N = 2430.



Kuva 46. Tutkimuspeltojen maailajit vesi- ja ympäristöpiireittäin vuoden 1994 kuivatus-tilatutkimuksen mukaan. N = 1065.

6.4 Tutkimustulosten edustavuus

Otannan toteutus

Valitulla otantamenetelmällä oli tavoitteena se, että otantapisteen jakautuvat peltoalan suhteen tasaisesti koko maassa. Alueellinen pisteiden tiheysjakauma toteutui hyvin em. menetelmällä. Edustava osaotos yksittäisistä pisteistä muodostuu kullakin osa-alueella esim. vesi- ja ympäristöpiirien alueella. Osaotoksen, joka sisältää aluetasolla vähintään 50 tutkimuspistettä suhteutettuna alueen kokoon, edustavuus riippuu pisteiden sirotautumisesta alueensa pelloille. Keskeisiä kriteereitä ovat tutkimuspisteiden sijainti peltokeskittymiin nähden, kuinka tutkimuspisteet jakaantuvat tutkimusyksiköissä peruskarttalehdille (1:20 000) ja minkälainen on tutkimuspisteiden lähiympäristö (Puustinen ym. 1994).

Erikseen tarkasteltava kysymys on se, kuinka hyvin pisteet edustavat tutkimusyksiköissä peltolaansa. Oma ryhmä muodostuu niistä tutkimusyksiköistä, joissa peltola on alle 6000 ha. Vaikka pisteitä tässä ryhmässä on tutkimusyksikköä kohti 1 tai 2, muodostuu näistä yhteensä 262 tutkimuspisteen joukko. Pisteiden sijainnin satunnaisuudesta johtuen tämä ryhmä ei käytännössä voi sisältää suurta systemaattista virhettä. Sama satunnaisuus koskee myös niitä tutkimuspisteitä, jotka sijaitsevat peltovaltaisemmillä alueilla.

Otantaan voi sisältyä systemaattista virhettä sen vuoksi, että kaikki peltoa sisältävät 6,25 ha ruudut ovat arvonnassa olleet saman arvoisia riippumatta ao. ruutujen peltaisuudesta. Peltaisuuteen tai ruutujen sijaintiin perustuvia painokertoimia otannassa ei ole voitu käyttää, koska näistä ei ollut käytettävissä jakaumia. Tämä olisi ollut välttämätöntä, jos otanta olisi tutkimuspisteisiin saakka tehty pinta-alapainotteisena.

Tutkimuspisteiden otannassa lähtökohtana oli tutkia peltokuvio samanarvoisena kuviona riippumatta sen pinta-alasta. Tämän perusteella tehtiin oletus, että vaikka otannassa käytettyyn yksikköön mahtuukin 1–12 peltokuviota ($>0,5$ ha), satunnaisuus kuitenkin säilyy. Virheettömpään otantaan olisi päästy sillä, että arvonta olisi tehty itsenäisesti viljeltävien peltokuvioiden joukosta. Tällaista luettelointia ei kuitenkaan ole tehty.

Kuivatustilatutkimuksen tavoite määritteli otannan toteutuksen. Kun tutkimustavoitteena on minkä tahansa itsenäisesti viljeltävän peltokuvion kuivatustilan, peltojen ominaisuuksien ja ympäristöparametrien inventointi ja tutkiminen, vastaa käytetty otantamenetelmä näihin tavoitteisiin. Tutkimuspisteiden tiheys peltoalaa kohti on tasainen ja jokainen tutkittu peltokuvio on täysin satunnaisesti valittu.

Maatilojen lukumäärän ja peltoalan suhteellinen jakauma on esitetty peltoalaluokittain taulukossa 25. Vertailtaessa aktiivitilojen lukumäärän ja peltopinta-alan jakaumia keskenään huomataan, että suhteelliset jakaumat poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tämä tarkoittaa sitä, että pieniä maatiloja on lukumääräisesti paljon, mutta niiden yhteispeltoalan osuus koko maan peltoalasta on pieni. Tämä ero kaikkien maatilojen jakaumassa tulee esille vielä selvemmin. Kun tutkimustilojen suhteellisia jakaumia verrataan maatalouslaskennan jakaumiin huomataan, että tutkimuspisteet ovat selvästi painottuneet tilojen lukumäärän suhteen suuremmille tiloille. Tämä johtuu otannassa käytetystä pinta-alapainotuksesta (Puustinen ym. 1994).

Kuivatustilatutkimuksen otantapisteeet edustavat paikalliskuivatuksen osalta hyvin koko maan tilannetta. Tässä tutkimuksessa salaojitettuja peltokuvioita oli 54 %, avo-ojitettuja 28 % ja ojittamatta oli 18 %. Etelä-Suomessa 2/3 tutkituista peltokuvioista oli salaojitettu, Pohjois-Suomessa vain alle 20%. Avo-ojitettujen peltokuvioiden osuus Pohjois-Suomessa oli lähes 60 % ja Järvi-Suomessa yli 1/3 tutkituista peltokuvioista viljeltiin ojattomana. Taulukosta 26 näkyy mikä oli paikalliskuivatustilanne koko maassa Salaojakeskuksen tilaston mukaan vuoden 1992 lopussa.

Taulukko 25. Tutkimustilojen peltoalan vertailu peltoalaluokittain maatalouslaskentaan (1990).

Tilakoko peltoha	Tilojen lukumäärän jakauma %			Tilojen peltoalan jakauma %		
	Maatal. laskenta		KUTI	Maatal. laskenta		KUTI
	kaikki	aktiivi		kaikki	aktiivi	
1 – 4,9	34,6	14,6	5,2	6,9	2,5	0,7
5 – 9,9	21,5	21,8	14,0	12,3	9,4	4,8
10 – 14,9	14,1	18,7	16,9	13,6	13,4	9,4
15 – 19,9	9,8	14,4	18,4	13,4	14,4	14,2
20 – 24,9	6,7	10,1	14,4	11,7	13,0	14,3
25 – 29,9	4,5	6,9	7,7	9,6	10,8	9,3
30 – 39,9	4,3	6,6	11,3	11,7	13,2	17,4
40 – 49,9	2,1	3,2	6,1	7,2	8,1	12,0
50 – 74,9	1,8	2,7	4,9	8,2	9,2	13,3
> 75,0	0,6	1,0	1,1	5,4	6,0	4,6
Yht.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Taulukko 26. Paikalliskuivatustilanne suuralueittain vuoden 1992 lopussa (Salaoja-keskus 1992).

Alue	Peltoala		Avo-ojitettu		Salaojitettu		Ojaton	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Etelä-Suomi	1 185 296	46,6	201 518	17,0	821 843	69,3	161 935	13,7
Järvi-Suomi	530 736	20,9	184 022	34,7	175 364	33,0	171 350	32,3
Pohjanmaa	648 351	25,5	268 483	41,4	323 919	50,0	55 949	8,6
Pohjois-Suomi	179 807	7,0	109 770	61,0	17 818	9,6	52 856	29,4
Koko maa	2 544 190	100,0	763 793	30,3	1 338 307	52,7	442 090	17,0

Otannan osuvuustarkastelut

Otannan osuvuutta tarkastellaan muutaman keskeisen muuttujan osalta; peltoala, laskennallinen kuivatussyvyys pisteessä A ja vajaakuivatus. Osuvuuden mittarina käytetään otantavirhettä, otantavirheen avulla laskettavaa luottamusväliä sekä otoskeskiarvoa, joka määrää luottamusvälin sijainnin. Riskitasoksi valitaan $\alpha = 0,05$ eli määrätään 95 % luottamusvälit. Otannan edustavuuden arvioinnin teoreettisia perusteita on seloistettu aikaisemmin kappaleen 4.1 lopussa.

Peltoala: (= tilan koko peltoala ha)

Perusjoukko on vuoden 1991 maatilahallituksen maatilarekisterin aktiivivilat (taulukko 27). Otoksen muodostavat kuivatustilatutkimuksen ne pisteet, joiden peltoala on ilmoitettu ($n = 929$, $\bar{y} = 27,336$, $S = 20,907$). KUTIn peltoala = tilan oma peltoala + tilalle vuokrattu petoala.

Taulukko 27. Aktiivivilat peltosuuruusluokan mukaan vuonna 1991 (maatilahallituksen maatilarekisteri 1991).

Peltoala ha	Aktiiviviloja [kpl]	Keskipeltoala [ha]
1,00 – 1,99	5 037	1,44
2,00 – 2,99	5 024	2,45
3,00 – 4,99	9 180	3,97
5,00 – 9,99	26 225	7,49
10,00 – 14,99	23 053	12,41
15,00 – 19,99	17 970	17,38
20,00 – 24,99	12 775	22,35
25,00 – 29,99	8 867	27,40
30,00 – 39,99	8 683	34,43
40,00 – 49,99	4 354	44,42
50,00 – 74,99	3 558	59,36
75,00 – 99,99	851	85,07
100,00 –	507	140,05
Yhteensä	126 084	17,66

Aktiivivilat on taulukossa luokiteltu peltosuuruusluokan mukaan. Kun tiedetään kunkin luokan frekvenssi ja keskiarvo sekä perusjoukon koko ($N=126\ 084$) ja kokonaiskeskiarvo ($\bar{Y}=17,66$) voidaan perusjoukon varianssi laskea kaavalla:

$$S^2 = \sum p_i (\bar{y}_i - \bar{Y})^2 = \frac{1}{N} \sum n_i (\bar{y}_i - \bar{Y})^2 = 258,908 \Rightarrow S = 15,903$$

, jossa

k = luokkien lukumäärä

n_i = luokkafrekvenssi

\bar{y}_i = luokkakkeskiarvo

\bar{Y} = perusjoukon keskiarvo (μ :n estimaattori)

$p_i = n_i/N$ = luokan i pistetodennäköisyys

Taulukko 28. Peltoalan keskiarvojen 95 %:n luottamusvälit

Joukko	s	d	95 %:n luottamusväli
Perusjoukko	15,903	$1,96 \cdot S/\sqrt{N} = 0,088$	$17,66 \pm 0,088 = [17,572; 17,748]$
Otos ($n=929$), kun perusjoukon varianssi tunnetaan	15,903	$1,96 \cdot S/\sqrt{n} = 1,023$	$27,336 \pm 1,023 = [26,313; 28,359]$
Otos ($n=929$), kun perusjoukon varianssi tuntematon	20,907	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 1,344$	$27,336 \pm 1,344 = [25,992; 28,680]$

Taulukosta 28 nähdään, että keskiarvo voidaan estimoida tarkimmin perusjoukon avulla (d pienin). Myös otoksen tarkkuus on riittävä, mutta sijainti osoittaa poiminnan painottuneen suuremmille peltoalueille.

Laskennallinen kuivatussyvyys pisteessä A (m):

Koko maan kuivatussyvyyden perusjoukon approksimaatio on kaikki pisteet, joille se on määritetty. ($N=724$)

Taulukko 29. Laskennallisen kuivatussyvyyden keskiarvojen 95 %:n luottamusvälit koko maassa ja suuralueittain.

Joukko	n	\bar{y}	S	d	95 %:n luottamusväli
Koko maa	724	1,465	0,834	$1,96 \cdot S/\sqrt{N} = 0,061$	$1,465 \pm 0,061 = [1,404; 1,526]$
Avo-oja	222	1,298	1,020	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,134$	$1,298 \pm 0,134 = [1,164; 1,432]$
Salaoja	423	1,497	0,669	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,064$	$1,497 \pm 0,064 = [1,433; 1,561]$
Ei ojia	79	1,763	0,947	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,209$	$1,763 \pm 0,209 = [1,554; 1,978]$
Etelä-Suomi	377	1,518	0,948	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,096$	$1,518 \pm 0,096 = [1,422; 1,614]$
Avo-oja	71	1,351	1,561	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,363$	$1,351 \pm 0,363 = [0,988; 1,714]$
Salaoja	258	1,528	0,687	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,084$	$1,528 \pm 0,084 = [1,444; 1,612]$
Järvi-Suomi	88	1,361	0,656	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,137$	$1,361 \pm 0,137 = [1,224; 1,498]$
Avo-oja	36	1,253	0,564	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,184$	$1,253 \pm 0,184 = [1,069; 1,437]$
Salaoja	37	1,335	0,604	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,195$	$1,335 \pm 0,195 = [1,140; 1,530]$
Pohjanmaa	242	1,441	0,703	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,089$	$1,441 \pm 0,089 = [1,352; 1,530]$
Avo-oja	103	1,301	0,659	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,127$	$1,301 \pm 0,127 = [1,174; 1,428]$
Salaoja	124	1,483	0,652	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 0,115$	$1,483 \pm 0,115 = [1,368; 1,598]$

Vajaakuivatus

Vajaakuivatus-muuttujan perusjoukon approksimaationa käytetään kaikkien niiden pisteiden joukkoa, joilla vajaakuivatusta esiintyi ($N = 348$).

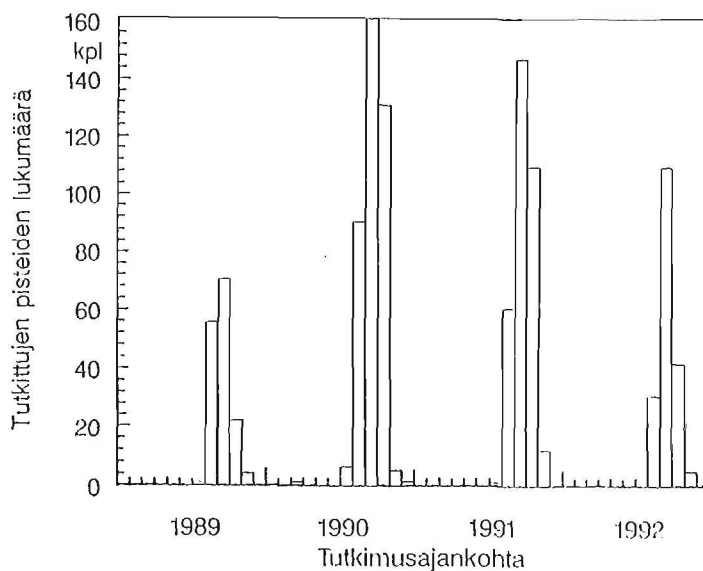
Taulukko 30. Vajaakuivatuksen keskiarvojen 95 %:n luottamusvälit koko Suomessa ja suuralueittain.

Joukko	n	\bar{y}	S	d	95 %:n luottamusväli
Koko maa	348	37,449	34,157	$1,96 \cdot S/\sqrt{N} = 3,589$	$37,449 \pm 3,589 = [33,860; 41,038]$
Avo-oja	98	39,920	33,691	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 6,670$	$39,920 \pm 6,670 = [33,250; 46,590]$
Salaoja	216	39,013	34,614	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 4,616$	$39,013 \pm 4,616 = [34,397; 43,629]$
Ei oja	34	20,397	28,137	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 9,459$	$20,397 \pm 9,459 = [10,938; 29,856]$
Etelä-Suomi	203	31,674	32,097	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 4,415$	$31,674 \pm 4,415 = [27,259; 36,089]$
Avo-oja	39	33,097	29,604	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 9,291$	$33,079 \pm 9,291 = [23,788; 42,370]$
Salaoja	141	34,010	33,516	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 5,532$	$34,010 \pm 5,532 = [28,478; 39,542]$
Järvi-Suomi	53	31,575	30,481	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 8,206$	$31,575 \pm 8,206 = [23,369; 39,781]$
Avo-oja	18	35,006	33,425	$2,11 \cdot s/\sqrt{n} = 16,623$	$35,006 \pm 16,623 = [18,383; 51,629]$
Salaoja	28	31,636	29,526	$2,05 \cdot s/\sqrt{n} = 11,439$	$31,636 \pm 11,439 = [20,197; 43,075]$
Pohjanmaa	85	51,325	35,830	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 7,617$	$51,325 \pm 7,617 = [43,708; 58,942]$
Avo-oja	37	45,665	36,483	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 11,756$	$45,665 \pm 11,756 = [33,909; 57,421]$
Salaoja	45	57,367	34,454	$1,96 \cdot s/\sqrt{n} = 10,067$	$57,367 \pm 10,067 = [47,300; 67,434]$

Kuivatussyvyyden ja vajaakuivatuksen otokset ovat erillisiä osaotoksia, joiden sijaintiin voi osituksella olla vaikutuksensa. Tärkeämpää tässä tapauksessa onkin hajaantumisen eli luottamusvälien tarkastelu (taulukot 28, 29 ja 30). Kaikki eo. tarkastelut osoittavat, että keskiarvon luottamusväli on sitä kapeampi (tarkempi), mitä suurempi otos on. Jos osaotos on alle 50, tulos on vain suuntaa antava. Esim. vajaakuivatus: osaotos $n \geq 50$, $d \geq 8,76$ (otantavirheen kaava s. 47).

Maastotutkimusten luotettavuus

Maastotutkimukset tehtiin pääsääntöisesti sadonkorjuun jälkeen elo- lokakuussa vuosina 1989 – 1992. Kuvasta 47 käy ilmi tutkimusten jakautuminen eri vuosille.



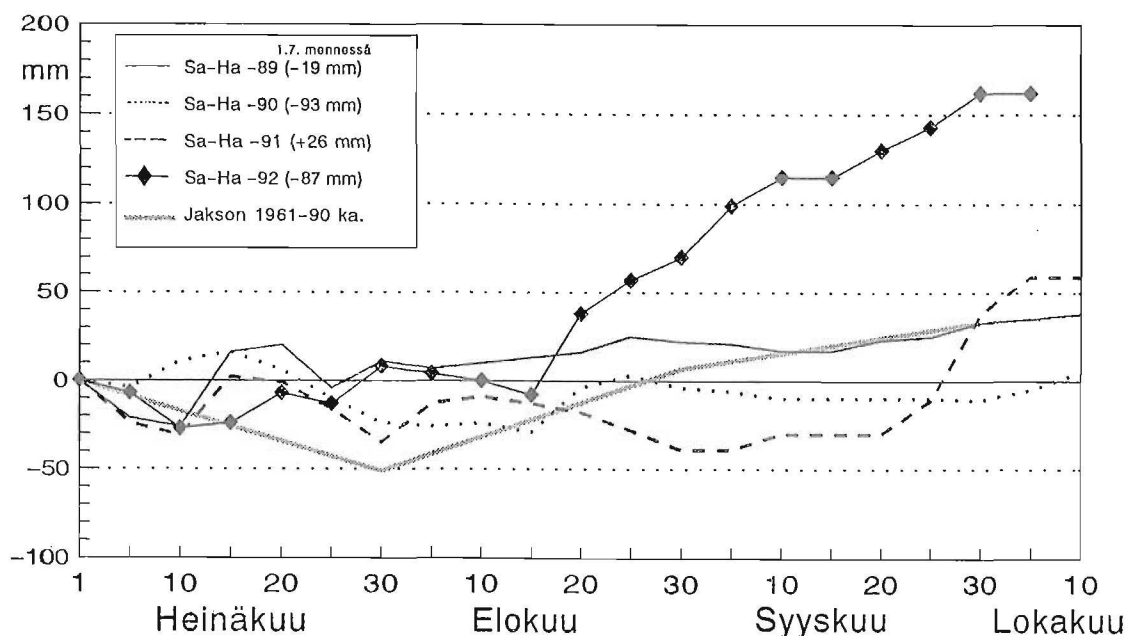
Kuva 47. Peltöjen kuivatustilatutkimuksen kenttätutkimusten jakautuminen eri vuosille ja kuukausille.

Eri vuosina suoritettujen tutkimusten saattamiseksi yhteismitallisiksi tulisi tuloksia tarkastella kunkin vuoden hydrologisten olosuhteiden valossa. Varsinkin kuivatushäiriötä kartoitettaessa on kasvukauden sadannan ja haihdunnan määrällä ja niiden keskinäisellä suhteella merkittävä vaikutus. Peruskuivatustilan tutkimukset perustuivat kuitenkin mittauksiin. Haastattelutietojen luotettavuus on huonompi, koska niihin vaikuttaa tutkimusvuosi, haastattelun ajankohta, haastattelija ym. tekijät.

Lähtökohta hydrologisten mittausten luotettavuudelle on niiden alueellinen ja ajallinen raja. Mittausten järjestelyn kannalta on ratkaisevaa, kuinka pitkä aika on varattu tietojen keräämiselle vai onko toiminta luonteeltaan pitkäaikaista seuranta. Usein käytetään yksittäisiä, henkilöstön tekemiä mittauksia. Joskus taas asennetaan kiinteitä mittausasemia, jotka voivat toimia jopa kymmeniä vuosia. Monien hydrologisten mittausten tavoite on alueellisten arvojen laskeminen. Vaikka monet vesistöissä tehtävät mittaukset eivät tähtää aluearvojen määrittämiseen, niillä voi olla erilaisia alueellisia edustavuusnäkökohtia (Puupponen 1992).

Tutkimusvuosien erilaiset hydrologiset olosuhteet, esimerkkinä Pohjois-Pohjanmaan alue, on esitetty kuvassa 48. Lukuarvot on laskettu Nivalan, Pudasjärven ja Oulun keskiarvona. Tutkimukset suoritettiin yleensä sadonkorjuun jälkeen. Tutkimusvuosien sadannan ja haihdunnan erotukset heinäkuun alkuun mennessä (jolloin kenttätutkimukset aloitettiin) olivat erisuuruisia. Pitkän ajan keskiarvo (sadanta-haihdunta) sijoittuu kuitenkin tutkimusvuosien arvojen sisälle. Vuonna 1990 oli sadannan suuruus 1.7 93 mm pienempi kuin ko. vuoden siihenastinen haihdunta. Vuonna 1991 oli samana ajankohtana sadanta 26 mm haihduntaa suurempi.

Peruskuivatuksen tilaa kuvaavat tekijät tässä tutkimuksessa eivät kuitenkaan ole riippuvaisia sadannan tutkimusaikaisesta jakaumasta. Sillä saattaa olla kuitenkin jonkin verran vaikutusta kuivatushäiriöitä ja tulvimista koskeviin haastattelutuloksiin. Liitteessä 12 on esitetty maaperän vesitaseen vaihtelu ja hydrologiset tekijät touko – syyskuussa vuosina 1989 – 1991 Haapavedellä ja Muhoksella.



Kuva 48. Tutkimusvuosien hydrologiset olosuhteet Pohjois-Pohjanmaalla. Vertailuna kuvassa on esitetty myös jakson 1961 – 90 keskiarvo.

Tutkimusaineiston hankintaan ja käsittelyyn liittyy monia epävarmuustekijöitä. Tutkimuspisteiden valtaojien yläpuoliset valuma-alueet määritettiin 1:20 000 mittakaavaisilta peruskartoilta. Vaikeasti tulkittavia maaston kohtia olivat mm. runsaasti ojitetut alueet ja topografialtaan laakeat alueet kuten suot. Selkeästi rajautuvilla alueilla valuma-alueen pinta-alat saatiin määritettyä suhteellisen tarkasti.

Maastossa suoritettaville mittauksille saatiin melko hyvä perustarkkuus, kun valmistelut tehtiin huolellisesti. Tutkimuspisteen korkeuksia ei sidottu paikan todelliseen korkeuteen, vaan paikalle perustettiin korkeuskiintopiste tasolle +10 m, mihin kaikki suoritettavat mittaukset sidottiin. Pellon korkeusasema määritettiin peruskartalta tutkitun peltokuvion vesien purkautumiskohdasta. Määrityksessä päästiin vähintään 2,5 metrin tarkkuuteen.

7 YHTEENVETO

Suomen peltojen kuivatustilaa on aikaisemmin tutkittu vuonna 1956 (Juusela ja Wäre). Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön toimeksiannosta vesi- ja ympäristöhallitus nimitti työryhmän tutkimaan Suomen peltojen kuivatustilaa. Tutkimus aloitettiin vuonna 1989, ja se on osa MAVERO-projektia.

Suomen peltojen kuivatustilatutkimus perustui otantaan, jossa yksi tutkimuspiste edusti noin 2000 ha peltoalaa. Aikaisempi tutkimus oli toteutettu siten, että yksi piste edusti 1000 ha peltoa. Otantapistettä oli kaikkiaan 1065. Tutkitut peltokuviot valittiin satunnaisesti ja tutkimuspisteet jakaantuivat tasaisesti peltoalan jakauman mukaisesti. Tutkimuksen tavoitteena oli inventoida peltojen kuivatustila ja arvioida peltojen peruskuivatustarvetta kuivatukseen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Peruskuivatuksen tilaa kuvaavat parametrit valittiin sellaisiksi, ettei tutkimusajankohdalla tai säätilalla ollut vaikutusta niihin. Kenttätutkimukset toteutettiin vesi- ja ympäristöpiirien kuivatusasioihin perehtyneiden maastotutkijoiden toimesta.

Peruskuivatuksesta on huolehdittu Suomessa hyvin. Valtaojien viimeisestä kunnostuksesta oli kulunut alle 10 vuotta. Salaojituksen toimivuuden kannalta liian pieni peruskuivatussyvyys oli noin kolmasosalla pelloista. Pelloilla, jossa oli avo-ojitus, liian pieni kuivatussyvyys oli 12 %:lla pelloista. Aktiivivilojen kuivatus oli vain vähän paremmassa kunnossa kuin passiivivilojen. Tilakoolla ei ollut merkitystä. Turvemailla turpeen painuminen pienentää kuivatussyvyyttä. Tämä koskee lähinnä Pohjanmaan ja Pohjois-Suomen peltoja.

Peltojen kuivatustilaa arvioitiin myös kemiallinen kuivatussyvyydellä, joka määritellään syvyytenä, missä ferrirauta muuttuu ferroraudaksi. Muutoskohta voidaan mitata ja se näkyy Redox-potentiaalin nopeana laskuna alle nollan. Kemiallinen kuivatussyvyys koko maan keskiarvona laskettuna oli 1,41 m ja se oli vain 0,06 m pienempi kuin laskennallinen kuivatussyvyys. Myöskään vesi- ja ympäristöpiirien sisällä mitatuilla lukuarvoilla ei ollut suuruusluokkaeroja, jos tutkittu otos oli vähintään 50 pistettä.

Valtaojien kuntoa tarkasteltiin kuntoindeksin avulla. Valtaojien kunto oli hyvä 65 %:lla tapauksista. Huonossa kunnossa olevia valtaojia oli alle 10 %. Kasvillisuus, joka on valtaojan toimivuuden kannalta vaikuttavin tekijä, oli ongelmana 26 %:lla valtaojia.

Valtaojille laskettu kuntoindeksi osoitti, että vedenjohtavuus on suuri ongelma noin 8 %:lla valtaojia. Tulvimista esiintyi haastattelun mukaan 9 %:lla valtaojia. Uomien kunnossapitoon tulisi panostaa enemmän. Vesi- ja ympäristöhallitus on korostanutkin valtaojien kunnossapidon merkitystä. Kuivavaran laskentakaavalla arvioitiin vajaa-kuivatuksen määrää peltokuvioilla. Vajaakuivatettuja peltoja oli 6 % ja osittain vajaakuivatettuja (50 % tutkimuslinjasta) noin 15 %.

Valtaojien syvyys on kasvanut edellisestä vuoden 1956 kuivatustilatutkimuksesta 0,50 m:llä. Tämä johtuu valtion laajamittaisesta rahoitustuesta peruskuivatukseen. Peltojen salaojittaminen on ollut voimaperäistä. Etelä-Suomen pelloista on salaojitettu noin 70 % ja Pohjanmaan pelloista noin 50 %. Salaojitusala on kasvanut vuodesta 1950 kymmenkertaiseksi (0,13 milj.ha:sta 1,3 milj.ha:iin, 1992). SARA-2000-ohjelma laadittiin vuonna 1980. Silloin salaojitusavoitteena vuoteen 2000 oli 1,0 milj.ha:n peltojen salaojitus. Tavoite on ylitetty 30 %:lla. Valtaojien kunto on parantunut kulu-neen 35 vuoden aikana. Vaikka mittaus- ja arviointimenetelmä ei olekaan verrannol-linen, niin suuntaa antava päätelmä voidaan tehdä. Huonokuntoisten valtaojien osuus on laskenut vuoden 1956 vajaasta kolmanneksesta vuoden 1994 vajaaseen 10 %:in. Vastaavasti hyväkuntoisten valtaojien osuus on noussut 14 %:sta 36 %:in eli yli kaksinkertaiseksi.

Suomen koko peltoala on noin 2,5 milj.ha. Euroopan yhteisön kanssa neuvotellun maatalouden tukiohjelman mukaan viljelty peltoala supistuisi noin 2,2 milj.ha:iin. Valtaojien merkittävää kunnostus ja perkaustarvetta on noin 10 %:lla valtaojiin rajoittuvasta peltoalasta. Lisäksi tehostettua valtaojien kunnossapitoa tarvitaan 10–15 % peltoalalla. Peltojen peruskuivatustarve on suuri noin 150 000 ha:n alueella. Perus-kuivatuksen tehostamistarvetta on vähintään saman suuruisella peltoalueella. Perus-kuivatuksen tarve keskittyy lähinnä Pohjanmaalle ja Etelä-Suomeen. Näiden alueiden peltojen peruskuivatustarve on yli 80 % koko maan tarpeesta. Myös tulviminen on yleisintä näillä alueilla. Kasvihuoneilmion toteutuessa sademäärät kasvavat, eroosio kiihtyy ja valtaojituksen kunnostustarve kasvaa.

Koko maassa on peruskuivatettu peltoja noin 1,1 milj.ha. Peruskuivatusinvestointien nykyarvo on noin 3–4 miljardia mk, jos mittarina käytetään viimeisimpiä tilastotietoja peruskuivatuksen kustannuksista hehtaaria kohti (noin 3300 mk/ha). Esimerkiksi Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen peruskuivatusinvestoinnit ovat noin 800 milj.mk. Arvio perustuu peruskuivatuksia koskevaan kuivatustietorekisteriin (Oulun vesi- ja ympäristöpiiri), joka on käytössä myös muissa vesi- ja ympäristöpiireissä.

Tulosten mukaan peruskuivatus vaatii pysyäkseen toimintakuntoisena noin 40–50 milj.mk/v investoinnit lähivuosina. Rahoituksen koko tarve on ainakin 500 milj.mk kiireellisimpien peruskuivatustarpeiden osalta. Kokonaisrahoituksen summa on suuri, jos sitä verrataan viime vuosina myönnettyihin valtion määrärahoihin peruskuivatuk-seen (8 – 20 milj.mk/v). Peruskuivatukset, jotka on toteutettu 1960– ja 1970– luvuilla, vaativat lähivuosina merkittävää kunnostusta. Tuottava peltoviljely, salaojituksen toimivuus ja metsätalouden kunnostusojitus vaativat valtaojien jatkuvaa kunnossapitoa.

Tutkimustulosten mukaan metsäojitusten kiintoaineskuormitus ei ole laajamittainen ongelma. Valtion harjoittama maaseutupolitiikka ja siihen ohjattu rahoitustuki on mahdollistanut monimuotoisen ja elinkelpoisen maaseutu- ja taajamaympäristön muodostumisen. Kuivatusverkoston kunnossapito ja hyvä toimivuus on entistä tär-keämpää tulevaisuudessa, jotta peruselintarvikkeiden saatavuudessa ei tule ongelmia häiriö- ja kriisitilanteissa.

Tutkimustulokset antavat tietoa Suomen peltojen peruskuivatuksen tilasta ja kuiva-
tustarpeesta. Vuonna 1994 valmistellaan mm. maatalouden tukiohjelmia Euroopan
yhteisöön liittymisen varalta. Laadittavissa maaseutuohjelmissa maatilojen ympäris-
töhoito, maaseutuympäristön hoito ja maatalouden rationalisointi ovat keskeisiä
tavoitteita. Tutkimuksen tulokset helpottavat päätöksentekoa peltojen peruskuivatuk-
sen rahoituksen määrittelyssä ja tuen suuntaamisessa. Tulokset tukevat maa- ja met-
sätalousministeriön omia selvityksiä. Peruskuivatukseen liittyvä ympäristöhoito
erityisesti suojakaistojen osalta on koko maata koskeva ongelma. Suojakaistojen
mediaaniarvo oli koko maassa vain 0,5 m. Suojakaistojen leveys tulisi ainakin kak-
sinkertaistaa. Eroosio ongelmat keskittyvät Etelä- ja Länsi-Suomeen. Suojavyö-
hykkeet ja valtaojien vierialueiden kesannointi ovat tärkeitä vesiensuojelutoimenpitei-
tä tällä alueella.

KIRJALLISUUS

- Aaltonen, L. 1976. Polttoturveteollisuuden kehitysvaiheita. Polttoturveteollisuus 1876-1976.
S. 17-38. Helsinki, Polttoturveteollisuusliitto ry. Julkaisu 4.
- Aarne, M. (toim.). 1992. Metsätilastollinen vuosikirja 1990-91. Helsinki, Metsäntutkimuslaitos.
281 s. Maa- ja metsätalous 1992:3. ISBN 951-40-1205-4, ISSN 0359-968X.
- Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during
the snowless period. 64 p. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 141.
- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Helsinki,
Vesi- ja ympäristöhallitus. 97 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja- sarja A.
Nro 45.
- Aittoniemi, P. 1990. Ilmastonmuutoksen vaikutukset energian tuotantoon ja käyttöön Suomessa.
Helsinki, Imatran Voima Oy. 128 s. Tutkimusraportteja. ISBN 951-8928-44-4.
ISSN 0782-7415.
- Alakukku, L. 1989. Raskaan akselikuormituksen aiheuttama maan tiivistyminen. Jokioinen, Maata-
louden tutkimuskeskus. S. 1-41. Tiedote 13/89. ISSN 0359-7652.
- Andersson, S. 1971. Kommentar till ett diagram. Uppsala. (Viitt. Mustonen, S. 1986)
- Andersson, Ö. & Håkansson, A. 1971. Underhåll av mindre vattendrag. I Allmän del. Om vege-
tation, erosion och släntstabilitet. Julk: Hallgren, G. (ed.). Grundförbättring; Tidskrift
för jordbrukets rationalisering genom grundförbättringar. s. 113-129. Journal of Ag-
ricultural Land Improvement. NR 3-4.1971. ÅRG.24.
- Anon. 1988. Maankuivatushyödyn uudelleen arviointi. Esitutkimus 30.12.1988. 54 s. Julkaisema-
ton.
- Armstrong, A.C. 1987. Drainage Benefits to Land Workability. Julk: Smith, K.V.H. & Rycroft,
D.W. (eds.). Hydraulic Design in Water Resources Engineering: Land Drainage.
Shouthampton, A Computational Mechanics Publication. S. 589-598. Proceedings of
the 2nd International Conference, Southampton University, U.K. April 1986.
ISBN 0-905451-48-1.

- Arvola, E. 1993. Ilmaston muutosennusteissa monia epävarmuustekijöitä. Maaseudun tulevaisuus – lehti 18.5.1993.
- Asetus 2078/92. Official Journal of the European Communities. 30.7.1992. NO.L. 215/85.
- Aura, E. 1990. Salaojien toimivuus savimaassa. Jokioinen, Maatalouden tutkimuskeskus. 93 s. Tiedote 10/90. ISSN 0359-7652.
- Bailey Denton, J. 1862. On the discharge from underdrainage and its effects on the arterial channels and outfalls of the country. Proc. Instn Civil Engineers 21: 48-130.
- Beardmore, N. 1862. Manual of Hydrology. Waterlow and Sons, 3rd edn, London, 148.
- Beauchamp, K.H. 1987. A History of Drainage and Drainage Methods. Julk: Pavelis, G.A. (ed.). Farm Drainage in the United States: History, Status, and Prospects. Washington DC, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. S. 13-28. Miscellaneous Publication No. 1455.
- Bergquist, B., Lundin, L. & Andersson A. 1984. Hydrologiska och limnologiska konsekvenser av skogs- och myrdikning. Skisjöbäcksområdet. Uppsala, Limnologiska Inst. S. 1-27. Forskningsrapport Nr 9. LIU 1984: B4
- Bergström, S. 1976. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. Norrköping, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. 134 p. + index. Nr RHO 7.
- Castle, D.A., McCunnall, J. & Tring, I.M. (eds.). 1984. Field Drainage: Principles and Practices. Batsford, London. 250 p. ISBN 0-713-43833-9.
- Caufield, C. 1982. Too much drainage spells trouble on t'farm. New Scientist, 21th January 1982, 125.
- Cowan, W.L. 1956. Estimating hydraulic roughness coefficients. P. 473-475. Agricultural Engineering. Vol. 37. Nr 7.
- Danfors, E. 1963. Marken ur fysikalisk synvinkel. S. 98-120. Särtryck ur Jord-Gröda-Djur 1963.
- Elomaa, E. & Pulli, S. 1985. Variationer i globalstrålning, effektiva temperatursumma, nederbröd, potentiella evapotranspiration och nederbördsunderskott i relation till växtproduktion i södra Finland. S. 19-28. NJF-seminarium, Nr 77, Uppsala 23-24 September 1985.
- Energiapoliittinen ohjelma. 1983. Helsinki. 34 s. Liite (17 s.) Hyväksytty valtioneuvostossa 24.2.1983.
- FAO, 1983. Production Yearbook of 1982. Vol. No. 36, FAO, Rome, Italy. (Ref. Shady, A. M., 1987.)
- Farr, E. & Henderson W.C. 1986. Land Drainage. Longman, London. 251 p. ISBN 0-582-45007-1.
- Feddes, R.A. 1971. Water, heat and crop growth. Wageningen, H. Veenman&Zonen N. V. 184 p. Thesis for the degree of Doctor of Technology.

- Feddes, R.A., Kowalik, P.J. & Zaradny, H. 1978. Simulation of field water use and cropp yield. Wageningen. 189 p.
- Feddes, R.A. 1988. Effects of drainage on crops and farm management. Julk: Van Hoom, J.W. (ed.). *Agrohydrology – Recent developments*. Amsterdam, Department of Land and Water Use, Agricultural University. P. 3–18. Proceedings of the Symposium AGRO-HYDROLOGY at the International Agricultural Centre ICA Wageningen, The Netherlands, 29 September – 1 October 1987. 550 p. ISBN 0-444-43028-8.
- Grebing, G. 1972. Jordbruksrationalisering och landskapsvård. Julk: Hallgren, G. (ed.). *Grundförbättring; Tidskrift för jordbrukets rationalisering genom grundförbättringar*. S. 191–197. *Journal of Agricultural Land Improvement*. NR 4.1972. ÅRG.25.
- Green, F.H.W. 1979. Field drainage in Europe: a quantitative survey. Wallingford. I.H. Report No. 57.
- Hakkola, H. & Puustinen, M. 1990. Peltoviljelystä aiheutuvan vesistökuorman vähentäminen. Julk: Oulun vesistötutkimuspäivien järjestelytoimikunta: Alasaarela, E. (toim.). *Maatalouden vesisensuojelu, Oulun vesistötutkimuspäivät 3. – 4.4.1990*. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. S. 87–98. Vesi- ja ympäristöhallinnon monistesarja, Nro 245. 142 s. ISBN 951-47-3028-3, ISSN 0783-3288.
- Hansard. 1983. York (flooding). House of Commons Parliamentary Debates, Weekly Hansard 17(1231): 1089–94.
- Hartikainen, H. 1992. Maatalous ja ympäristönsuojelu. Julk: Heinonen, R. (toim.), Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kempainen, E. *Maa, viljely ja ympäristö*. Helsinki. S. 301–334. ISBN 951-0-17090-9.
- Heikurainen, L. 1980. Effect of forest drainage on high discharge. Helsinki, International Association of Hydrological Sciences Publications, no. 130, S. 89–96. Proceedings of the Helsinki Symposium, June 1980.
- Heino, R. 1987. Climatic scenario. Impact analysis of climate change in the Fennoscandian part of the boreal and subarctic zone. Julk: Koster & Lundberg (eds.). Report prepared for the European Workshop on International Bioclimatic and Land Use Changes. Volume D.
- Heino, S., Kinnunen, I., Nissinen R.K. & Pajula, H. 1990. Putkiojien suunnittelu. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 72 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B, Nro 3. ISBN 951-47-3615-X. ISSN 0786-9606.
- Heinonen, R. 1954. Multakerroksen kosteussuhteista Suomen maalajeissa. Summary: Moisture conditions in Finnish topsoils. Helsinki. *Agrogeol.* Julk 62:1–82.
- Hooli, J. 1971. Säätekijöiden vaikutuksesta viljelykasvien satoihin ja vesitalouteen. (English summary: Effect of weather on water economy and crop yields). Otaniemi, Helsingin teknillinen korkeakoulu. 244 s. Tieteellisiä julkaisuja 35.
- Hosia, L. 1973. Hydraulikka. Julk: Mustonen, S. (toim.). *Vesirakennus*. Helsinki, Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL). S. 75–119. ISBN 951- 758-000-2.

- Hosia, L. 1980. Pienten uomien virtausvastuskerroin. Helsinki, Vesihallitus. 119 s. Vesihallituksen tiedotus 199. ISBN 951-46-5056-5. ISSN 0355-0745.
- Howe, G.M., Slaymaker, H.O. & Harding, D.M. 1967. Some aspects of the flood hydrology of the upper catchments of the Severn and Wye. Trans. Inst. British Geographers 41: 33-58.
- Huikari, O., Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. 257 s. Helsinki, Kirjayhtymä.
- Joensuu, S. & Kokkonen J. 1992. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsäkeskus Tapio. 32 s. ISBN 951-96151-4-8.
- Juusela, T. & Wäre, T. 1956. Suomen peltojen kuivatustila. Helsinki, Maataloushallituksen insinööriosasto. 89 s. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 8.
- Kaasinen, A. 1992. Turvetuotantosoiden kuntoonpanon hydrologiset vaikutukset. Julk: Sorva, I & Savolainen, M. (toim.). Licensiaattiseminaariesitelmät lukuvuonna 1990-1991. Ympäristövaikutusten arviointi. Oulu, Oulun Yliopisto, Vesitekniikan laboratorio. Sarja A, julkaisu 52. ISBN 951-42-3476-6. ISSN 0781-934X.
- Kanninen, M. 1991. Ilmastonmuutosten vaikutukset. Julk: Anttila, P. (toim.) Ilmastonmuutos ja Suomi: kohti kansallista toimintastrategiaa. 76 s. Suomen Akatemian julkaisuja 4/91. ISBN 951-37-0619-2. ISSN 0358-9153
- Kanninen, M. (toim.). 1992. Muuttuva ilmakehä. Ilmasto, luonto ja ihminen. Katsaus ilmakehän muutosten peruskysymyksiin. Helsinki, Suomen Akademia/Suomalainen Ilmakehänmuutosten Tutkimusohjelma (SILMU). 163 s. ISBN 951-37-0832-2.
- Karlsson, A. 1987. Maatalouden ravinteet valuvat vesiimme. S. 28-31. Suomen luonto 7/87 46.vsk.
- Karvonen, T. 1988. A Model for Predicting the Effect of Drainage on Soil Moisture, Soil Temperature and Crop Yield. Otaniemi, Helsinki University of Technology. 215 p. Publications of the Laboratory of Hydrology and Water Resources Engineering. ISBN 951-754-319-0.
- Kendall, R.G. 1950. Land Drainage. London, Faber and Faber
- Komiteamietintö. 1964. Peruskuivatuskomitean mietintö. Helsinki. 176 s. Komiteamietintö 1964:A10.
- Komiteamietintö. 1973. Kuivatus- ja kastelutöiden rahoituskomitean mietintö. Helsinki. 58 s. + karttaliitteitä. Komiteamietintö 1973:150. ISBN 951-46-0460-1. ISSN 0356-9470.
- Korhonen, K.-H. 1963. Havaintoja lieju- ja savimaiden painumisesta. Helsinki, Maataloushallituksen insinööriosasto, maa- ja vesiteknillinen tutkimustoimisto. Tiedotus 2/1963.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955-1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Helsinki. 181 s. ISBN 951-99399-0-3.
- Kurttila, T. 1991. Maisemanhoito vesistörakentamisessa. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 48 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja- sarja B. Nro 8. ISBN 951-47-4288-5. ISSN 0786-9606.

- Kuusisto, E. 1986. Suomen vesivarat. Julk: Mustonen, S. (toim). Sovellettu hydrologia. Helsinki, Vesiyhdistys r.y. S. 15–17. ISBN 951-95555-1-X, ISSN 0782-9612.
- Learmouth, A.T.A. 1950. The floods of 12th August 1948, in south-east Scotland. Scottish Geographical Magazine 66: 147–53.
- Lehtinen, A. 1983. Turvetuotantosoiden kuivatuksen suunnittelu. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus; Suunnittelutoimisto. 56 s.
- Lundin, L. 1984. Torvmarkdikning. Hydrologiska konsekvenser för Docksmýren. Summary: Peatland drainage – effects on the hydrology of the mire Docksmýren. Uppsala, Universitetet, naturgeografiska institutionen, avdelning för hydrologi. 75 s. Report series A, 1984:3.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1987. Maatalous 2000. Helsinki. 192 s. Komiteamietintö 1987:24.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1987. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö. Helsinki. 344 s. Komiteamietintö. ISBN 951-47-1208-0. ISSN 0356-9470.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1987:10. Maataloustutkimuksen tavoiteohjelma, Maataloustutkimus 2000. Helsinki, Maataloustutkimuksen neuvottelukunta. 91 s. Työryhmämuistio MMM 1987:10.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1990. Peruskuivatuksen tarve –työryhmän muistio. Helsinki. 42 s. Työryhmän muistio MMM 1990:3. ISSN 0781-6723.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1993:5. Peruskuivatus- ja tulvasuojelutoiminnan kehittämistyöryhmän muistio. Helsinki. 89 s. Työryhmämuistio MMM 1993:5. ISSN 0781-6723.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1993:7. Hyvät viljelymenetelmät: Maaseudun ympäristöohjelman mukaiset viljelysuositukset. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö. 31 s. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 1993:7. ISBN 0781-6723.
- Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto. 1993. MTK, vuosikertomus 1992. 134 s. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliiton julkaisuja n:o 129.
- Maatilahallitus. 1992. Maatalouslaskenta 1990: Osa 2. Kunnittaiset tulokset. Helsinki. 222 s. + kuvat ja kartat. Maa- ja metsätalous 1992:6. ISBN 951-47-5966-4. ISSN 0784-8404.
- Maijala, T. 1992. Viljeltyjen vesijättöjen painumisesta. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus, rakennustoimisto. 89 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 360. ISBN 951-47-5563-4. ISSN 0783-3288.
- Mansikkaniemi, H. 1982. Soil erosion in areas of intensive cultivation in southwestern Finland. Fennia 160, 2, S. 225–276. (Viitt. Seuna, P. 1992).
- McCubbin, G.A. 1938. Agricultural drainage in southwestern Ontario. Engineering J. 21: 66–70.
- Metsä 2000 ohjelmajaosto. 1985. Metsä 2000-ohjelman pääraportti. Helsinki, Talousneuvosto. 189 s. ISBN 951-46-8662-4.

- Mustonen, S. E. & Scoria, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. English summary: Influence of forest draining on the hydrology of peatlands. 63 s. Publications of the Water Research Institute 2.
- Mustonen, S. (toim.). 1986. Sovellettu hydrologia. Helsinki, Vesiyhdistys r.y. 503 s. ISBN 951-95555-1-X, ISSN 0782-9612.
- Paavolainen, M. (toim.) 1989. Maankuivatuksen historiaa. Maa- ja vesitekniikan tuki ry. 216 s. ISBN 951-99983-2-2.
- Palko, J., Merilä, E. & Heino, S. 1988. Maankuivatuksen suunnittelu happamilla sulfaattimailla. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 61 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A. Nro 21. ISBN 951-47-1806-2. ISSN 0783-327X.
- Palko, J. 1994. Acid sulphate soils and their agricultural and environmental problems in Finland. Water and Environment District of Oulu and Laboratory of Hydraulic and Water Resources Engineering, University of Oulu. 58 s. + 7 original papers. ACTA Universitatis Ouluensis, Series C, TECHNICA 75.
- Paterson, B. A. & Jensen, N. E. 1986. Subsurface drainage in Alberta, Canada. Julk: Saavalainen, J. & Vakkilainen, P. (eds.). Proceedings of International Seminar on Land Drainage. July 9-11, 1986. Teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto, Vesitekniikka. S. 423-455. Otaniemi 1986/1. ISBN 951-753-859-6.
- Pavelis, G.A. 1987. Economic Survey of Farm Drainage. Julk: Pavelis, G.A. (ed.). Farm Drainage in the United States: History, Status, and Prospects. Washington DC, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. S. 110-136. Miscellaneous Publication No. 1455.
- Pietarinen, S. 1993. Peruskuivatusten seurannan kehittäminen -toimivuuden ja ympäristövaikutusten arviointi Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä toteutetuissa hankkeissa. 88 s. Diplomityö. Oulun Yliopisto. Rakentamistekniikan osasto. Vesitekniikka.
- Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto. 1993. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvertaamaportti v.1993. 65 s. + liitteet. 320021/18.2.1994.
- Puupponen, M. 1992. Mittausten tarkkuus, Hydrologiset mittaukset. Julk: Äijö, H., Siivola, L., Vakkilainen P. (toim.). Hyödyn ja vahingon arviointi vesitaloudessa. Teknillinen korkeakoulu: Rakennus- ja mittaustekniikan osasto S. 207-212. Vesitalouden laboratorio 1992-1. ISBN 951-22-1072-x, ISSN 1235-5933.
- Puustinen, M. & Pehkonen, A. 1986. Salaojien toimintahäiriöt. HY:n maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote 48:1-67.
- Puustinen, M., Varis, R. & Luoma, T. 1987. Salaojien toimintahäiriöiden korjaus savi- ja turveilla. HY:n maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote 51:1-109.
- Puustinen, M. & Palko, J. 1991. Suomen peltojen kuivatustilatutkimus, - Tutkimussuunnitelma. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 25 s., 4 liites. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, Nro 326. ISBN 951-47-4689-9, ISSN 0783-3288.

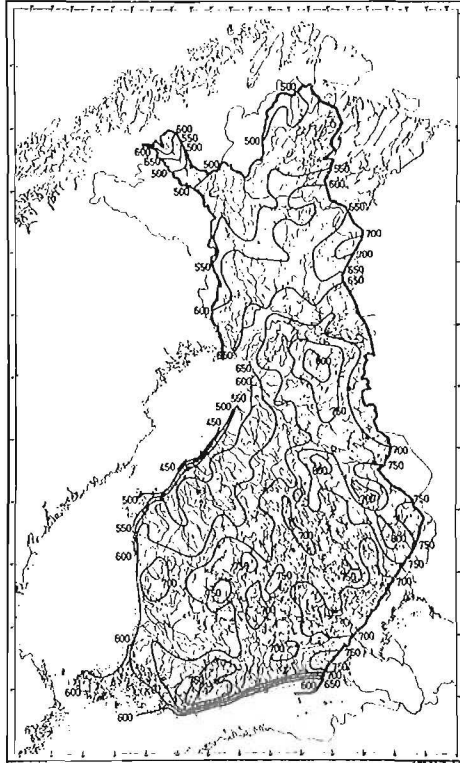
- Puustinen, M. 1992. Suomen peltojen kuivatustilatutkimus. Julk: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. S. 203–206. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, Nro 359.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Tutkimusraportti; Osa I Tulokset ja johtopäätökset, Osa II Inventointiaineisto. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 319 s. Vesi- ja Ympäristöhallituksen julkaisuja – Sarja A 198. ISBN 951-47-9883-X, ISSN 0786-9592.
- Puustjärvi, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Helsinki. 172 s.
- Päivänen, J. 1980. The effect of silvicultural treatments on the ground water table in Norway spruce and Scots pine stands on peat. Julk: Proc. Sixth Int. Peat Congr. Duluth, Minnesota, USA. 1980. S. 433–438.
- Raitasuo, K. & Antola, A. 1986. Metsäojituksen taustaa ja tavoitteita. Julk: Tapion taskukirja. 20. uudistettu painos. Helsinki, Keskusmetsälautakunta Tapio. S. 234–240. ISBN 951-26-3006-0.
- Rekolainen, S. 1992. Eroosion ja fosforikuormituksen vähentäminen viljelytekniikan avulla. Julk: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. S. 101–106. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, Nro 359.
- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila; Mäveron loppuraportti. Helsinki, Luonnonvarainneuvosto Maa- ja metsätalousministeriö. 56 s. Luonnonvarajulkaisuja 15.
- Robinson, M. 1990. Impact of improved land drainage on river flows. Institute of Hydrology. 226 s. Institute of Hydrology Report No. 113. ISBN 0-048540-24-9.
- Robinson, M. & Armstrong, A.C. 1988. The extent of agricultural field drainage in England and Wales, 1971–80. Trans. Inst. British Geographers 13: 19–28.
- Rönkkömäki, M. 1992. Turvetuotantosoon hydrologisen mallin laadinta ja käyttö vesiensuojelussa. Julk: Sorva, I & Savolainen, M. (toim.). Licensiaattiseminaariesitelmät lukuvuonna 1990–1991. Ympäristövaikutusten arviointi. Oulun Yliopisto, Vesitekniikan laboratorio. 38 s. Sarja A, julkaisu 52. ISBN 951-42-3476-6. ISSN 0781-934X.
- Saari, S. 1955. Hankauskertoimen arvosta pienissä vesiväylissä. 105 s. Teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto. Diplomityö.
- Saarin, J., Pulli, S. & Elomaa, E. 1986. Sääkentän käyttö kasvin potentiaalisen sadon määrittämisessä. Maataloustieteen päivät 1986. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote. ISSN 0358-5220.
- Salaojakeskus ry. 1980. Sara–2000. Salaojitushjelma 1980–2000. 70 s.
- Salaojakeskus ry. 1992. Kertomus vuoden 1991 toiminnasta, 73. toimintavuosi. Helsinki. 65 s.

- Sallantaus, T. 1986. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset - kirjallisuuskatsaus. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö. 203 s. Luonnonvarajulkaisuja 11.
- Saukko, P. 1950. Rantamaiden käyttöarvosta. Helsinki. 60 s. Eripainos Maanmittausinsinöörien Liiton Aikakauskirjasta no. 7-8.
- Saukko, P. 1979. Saimaan säännöstelyn maa- ja metsätaloudellisista vaikutuksista. Helsinki. 25 s. Vesihallituksen tiedotus no. 181.
- Seuna, P. 1982. Influence of forestry draining on the runoff and sediment discharge in the Ylijoki basin, North Finland. *Aqua Fennica* 12: 3-16.
- Seuna, P. 1983. Small basins - a tool in operational and scientific hydrology. Tiivistelmä: Pienet valuma-alueet tieteellisen ja sovelletun hydrologian tutkimusvälineenä. 61 s. Publications of Water Research Institute 51.
- Seuna, P. 1988. Hydrological effects on clear-cutting and drainage in the Nurmes-stydy. Julk: Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions. Joensuu, Finland 6-8 June 1988. Vol. 1. Helsinki. S. 122-134. Suomen Akatemian julkaisuja 4/1988.
- Seuna, P. 1990. Metsätalouden toimenpiteet hydrologisina vaikuttajina. *Vesitalous* 2/1990. S. 38-41.
- Seuna, P. 1992. Maa- ja metsätalouden vesistövaikutukset. Julk: Äijö, H., Siivola, L., Vakkilainen P. (toim.). Hyödyn ja vahingon arviointi vesitaloudessa. Teknillinen korkeakoulu: Rakennus- ja mittaustekniikan osasto, S. 337-360. Vesitalouden laboratorio 1992-1. ISBN 951-22-1072-x, ISSN 1235-5933.
- Shady, A. M. 1987. Planning and management of large scale drainage projects. Julk: American Society of Agricultural Engineers, 1987. *Drainage Design and Management*. P. 255-266. Proceedings of the Fifth National Drainage Symposium. December 14-15, 1987. Hyatt Regency Chicago in Illinois Center. ISBN 0-916150-88-7.
- Sierla, J. & Schultz T. (Työryhmä) 1991. Vesirakennustyön haittojen vähentäminen. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 32 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B. Nro 4. ISBN 951-47-3729-6. ISSN 0786-9606.
- Simonsson, P. 1987. Skogs- och myrdikningens miljökonsekvenser. Slutrapport från ett projektområde. Solna, Statens naturvårdsverket. 196 s. Rapport 3270. Summary: Environmental effects of draining wetland and forest. Final report from a group of projects.
- Skaggs, R.W. 1980. A water management model for artificially drained soils. North Carolina Agricultural Research Service, Tech. Bul. No. 267. 54 p.
- Smedema, L.K. 1988. Watertable control indices for drainage of agricultural land in humid climates. Julk: Van Hoorn, J.W. (ed.). *Agrohydrology - Recent Developments*. Amsterdam, Department of Land and Water Use, Agricultural University. P. 69-77. Proceedings of the Symposium AGROHYDROLOGY at the International Agricultural Centre ICA Wageningen, The Netherlands, 29 September - 1 October 1987.

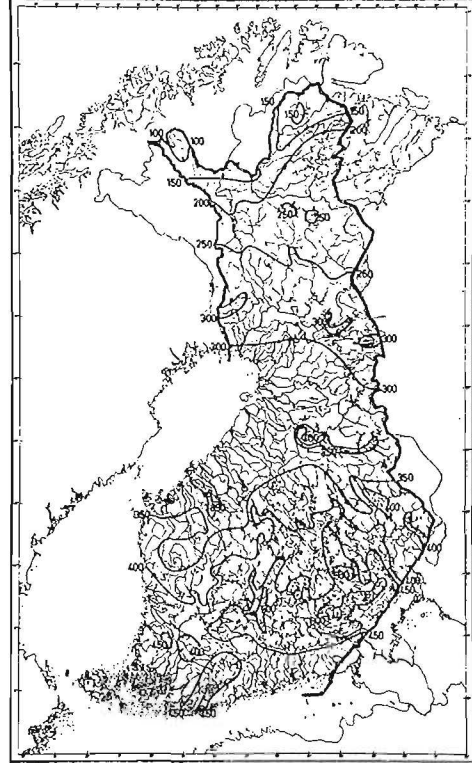
- Smith, S.C. & Massey, D.T. 1987. A Framework for Future Farm Drainage Policy: The Environmental and Economic Setting. Julk: Pavelis, G.A. (ed.). Farm Drainage in the United States: History, Status, and Prospects. Washington DC, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. P. 1–12. Miscellaneous Publication No. 1455.
- Soveri, J. 1972. Maavedestä, sen tutkimuksesta ja tutkimustavoitteista vesihallinnossa. Helsinki. S. 328–330. Rakennustekniikka 1972:5.
- Soveri, J. 1986. Maavedet. Julk: Mustonen, S. (toim.). Sovellettu Hydrologia. Helsinki, Vesiyhdistys r.y. S. 94–98. ISBN 951-95555-1-X, ISSN 0782-9612.
- Swader, F. & Pavelis, G.A. 1987. Drainage Challenges and Opportunities. Julk: Pavelis, G.A. (ed.). Farm Drainage in the United States: History, Status, and Prospects. Washington DC, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. P. 144–159. Miscellaneous Publication No. 1455.
- Thomasson, A.J. 1975. Hydrological and environmental aspects. Ch 7 in Thomasson, A.J. (ed.). Soils and field drainage. Technical Monograph No. 7, Soil Survey of England and Wales, Harpenden 62–65.
- Tielaitos. 1993. Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4. Kuivatus. Tielaitos, Kehittämiskeskus. 69 s. Tietekniikka. ISBN 951-47-6841-8.
- Trafford, B.D. 1973. The relationship between field drainage and arterial drainage – theoretical aspects. FDEU Technical Bulletin 73/10, MAFF, London.
- Tuononen, E. 1982. Peruskuivatuksen hyödynarviointi ja kustannusten osittelu. Helsinki, Vesihallitus. 147 s. Vesihallituksen tiedotus 217. ISBN 951-46-6278-4, ISSN 0355-0745.
- Vakkilainen, P. 1986. Maavedet. Julk: Mustonen, S. (toim.) Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y. S. 82–94. ISBN 951-95555-1-X. ISSN 0782-9612.
- Van Der Becken. 1987. The development of the theory and practice of land drainage in the nineteenth century. In Wunderlich, W.O. and Prins, J.E. (eds.) Water for the Future. A.A. Balkema, Rotterdam P. 91–99.
- Van Wijk, A.L.M. & Feddes, R.A. 1982. A model approach to the evaluation of drainage effects. In 'Land Drainage' (ed. Gardiner, M.J.). A seminar in the EC programme of Coordination of Research on Land Use and Rural Resources, Cambridge, UK, 27–31 July 1981. A.A. Balkema, Rotterdam: P. 131–149.
- Van Wijk, A.L.M. & Feddes, R.A. 1986. Simulating effects of soil type and drainage on arable crop yield. Proceedings of International Seminar on Land Drainage (ed. Saavalainen, J. & Vakkilainen, P.). Otaniemi, Helsinki University of Technology, Department of Civil Engineering, Water Engineering. S. 127–142.
- Vehviläinen, B. & Lohvansuu, J. 1991. Ilmastomuutoksen vaikutus virtaamiin ja lumioloihin Suomessa – vesistömallilla tehty arvio. S. 17–23. Vesitalous 1/1991.
- Vesihallitus. 1986. Maankuivatuksen suunnittelu. I osa: tekstiosa. Helsinki, Vesihallitus. 241 s. Vesihallituksen tiedotus 278. ISBN 951-46-9845-2.

- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1991. Turvetuotannon vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro. 64. Annettu 19.4.1991. Voimassa 31.12.1994 saakka. Helsinki. 15 + 11 s.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1991. Peruskuivatustöiden kunnossapidon valvonta ja ohjaus. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 58 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 309. ISBN 951-47-4132-3. ISSN 0783-3288.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1993. Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 66 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, julkaisu 406. ISBN 951-47-5610-X. ISSN 0783-3288.
- Visser, W.C. 1958. de landbouwwaterhuishouding van Nederland. Nederland TNO. 159 p. Rapport 1. Comm. Onderz. Landbouwwaterh.
- Wesseling, J.W. & Jansen, J.M.L. 1986. Application of the Hydrological Model GRODRA for the Design of a Water Management System in the Land Consolidation Project Giet-hoorn-Wanneperveen. Julk: Smith, K.V.H. & Rycroft, D.W. (eds.). Hydraulic Design in Water Resources Engineering: Land Drainage. Shouthampton, A Computational Mechanics Publication. P. 109-117. Proceedings of the 2nd International Conference, Southampton University, U.K. April 1986. ISBN 0-905451-48-1.
- Wesseling, J. 1987. Water in de landbouw: altijd te veel of te weinig. Cultuurt. P. 353-361. Tijdschr. 26(5) :
- Vähäsöyrinki, E. 1979. Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus rantamaiden peltoviljelyyn. Otaniemi, Teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto. 117 s. Diplomityö.
- Wäre, M. 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koe kentällä vuosina 1939 - 1944. Helsinki. 240 s. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia N:o 5.
- Wäre, M. 1958. Viljelyskasvien vaatima kuivatussyvyys tarkistuksen alaisena. Helsinki. S. 932-933. Pellervo 59 no. 23-24.
- Ympäristöministeriö. 1992. Ehdotus maaseudun ympäristöohjelmaksi. Maaseudun ympäristöohjelmatyöryhmän muistio. Helsinki. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto. 49 s. Työryhmän mietintö 68/1992. ISBN 951-47-5196-5. ISSN 0788-5954.
- Zaradny, H. 1986. A method for dimensioning of subsurface drainage in heavy soils considering the reduction in potential transpiration. Proceedings of International Seminar on Land Drainage (ed.) Saavalainen, J. & Vakkilainen, P., Otaniemi, Helsinki University of Technology, Department of Civil Engineering, Water Engineering, S. 258-266.

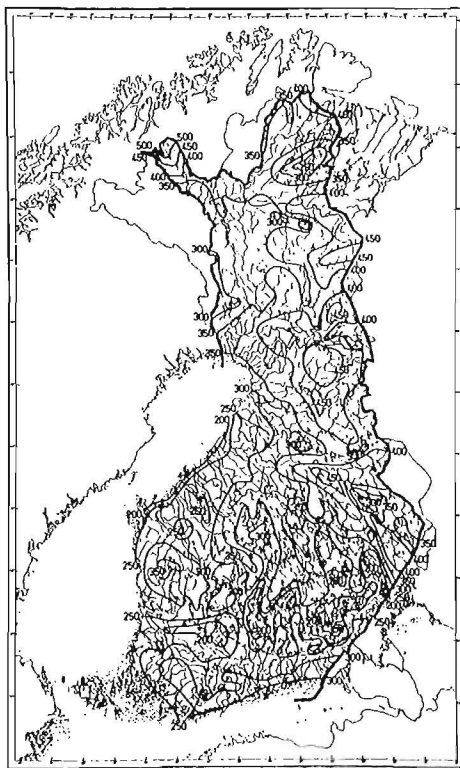
LIITE 1. VUODEN KESKISADANTA JA -HAIHDUNTA SEKÄ KESKIIVALUNTA [mm] (havaintojaksolla 1961–1975). LISÄKSI VUODEN KESKIIVALUMA M_q ($l/s \cdot km^2$) ERI OSISSA SUOMEA.



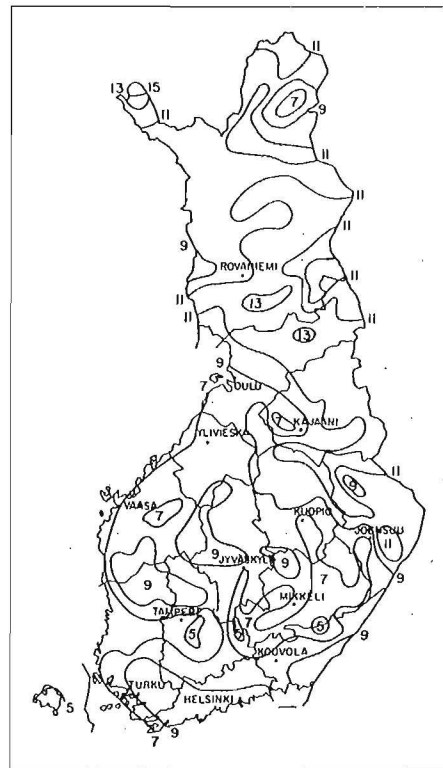
Vuoden keskisadanta [mm] (1961 – 75)



Vuoden keskihaidunta [mm] (1961 – 75)



Vuoden keskiivalunta [mm] (1961 – 75)



Vuoden keskiivaluma [$l/s \cdot km^2$] (1961 – 75)

LIITE 2/1

LIITE 2. PELTOJEN KUIVATUSTILATUTKIMUS; KENTTÄTUTKIMUSLOMAKE (valtaojitus)

KUIVATUSTILATUTKIMUS

Kenttämääritykset
sis.no

30.5.1990

Haastattelija

pv

kk

v

Tilan nimi

RN:o

Karttalehti

Tilan omistaja

puh.nro

Tilan viljelijä

puh.nro

Vesi- ja ympäristöpiiri

Varapisteen järjestysnumero

1. Koordinaatit x-koordinaatti
y-koordinaattiSelvitysyksikön nro
Paikantamislevyn nro

2. Vesistöalueen koodi

3. Tutkittavan peltokuvion ala (ha)

4. Tutkimuslinjan pituus (m)
Pellon leveys valtaojan varrella (m)5. Valtaojan yläpuolisen valuma-alueen koko (km²)

6. Yläpuolisen valuma-alueen peltoprosentti

7. Etäisyys lähimpään alapuoliseen vesistöön (km)

8. Lähimmän alapuolisen vesistön tyyppi
1 = Lampi, 2 = järvi (väh. 10 ha), 3 = joki, 4 = meri9. Peltokuvion vesien laskupaikka
1 = Valtaoja, 2 = vesistö, 3 = maasto, 4 = putkioja

10. Pellon pinnan korkeustaso N60 + (m) (perustetaan juuripaalu +10,00)

11. Valtaojan pohjan keskimääräinen leveys (m)

12. Valtaojan keskimääräinen pintaleveys (m)

13. Valtaojan keskimääräinen syvyys (m)

14. Ojaluiskan kaltevuus
1 = 2:1, 2 = 1:1, 3 = 1:1,5, 4 = 1:2, 5 = 1:3

15. Lietteen määrä valtaojan pohjalla (m)

16. Lietteen laatu
1 = savi, 2 = hiesu, 3 = hieta, 4 = hiekka, 5 = org. liete

-
17. Valtaojan kunto em. matkalla
- | | |
|----------------------|-------|
| 1. valtaojan suoruus | 1 - 4 |
| 2. kasvillisuus | 1 - 4 |
| 3. kivisyys | 1 - 4 |
| 4. lietteisyys | 1 - 4 |
| 5. sortumien määrä | 1 - 4 |
-
18. Veden virtausta valtaojassa rajoittavat tekijät
- | | |
|--|-----------|
| 1. rumpu liian pieni | |
| 2. silta-aukko liian pieni | 1 = kyllä |
| 3. rumpu tai silta-aukko tukossa | 2 = ei |
| 4. sortuma | |
| 5. ahdas maastonkohta (kallioleikkaus, nouseva maa, liett. ojanpohja tms.) | |
| 6. järven tai vesistön vesipinta | |
| 7. muu syy | |
-
19. Valtaojan 0-kohdan poikkileikkauspinta-ala (m²)
-
20. Virtausta rajoittavimman tekijän etäisyys 0-kohdasta alajuoksulle päin (m)
ja korkeusero 0-kohdan ojanpohjaan (m)
-
21. Pienimmän rummun koko valtaojassa tutkimusvälillä (m)
-
22. Lietteen määrä rummussa (m)
-
23. Uomaa kuristavan kohdan (kohdasta 20) poikkileikkauspinta-ala (m²)
-
- ...
-
35. Valtaojaan rajoittuvalla peltokuviolla pellon ja valtaojan
väliin jäävän viljelemättömän kaistan leveys (m)
-
36. Vesistöön rajoittuvalla peltokuviolla pellon ja vesistön
väliin jäävän viljelemättömän kaistan leveys (m)
-
37. Kasvuston laatu em. kaistalla
- | |
|----------------------------|
| 1. ei kasvillisuutta |
| 2. nurmi |
| 3. nurmi ja vähän pensaita |
| 4. runsaasti pensaita |
| 5. puusto |
-
38. Valtaojan keskimääräinen pituuskaltevuus (cm / 100 m)
-
- ...
-
47. Valtaojan lähialueen vallitseva laatu
- | |
|---|
| 1. avara pelto-, niitty-, hakkuu-, jouto- tms. alue |
| 2. pensoittunut, pajukoitunut tai lepikoitunut alue |
| 3. avosuo |
| 4. metsäinen suo |
| 5. metsä |
-
48. Valtaojan pituuskaltevuus viimeisen vaatuspisteen jälkeen
- | |
|-----------------------|
| 1. pienenee |
| 2. pysyy samanlaisena |
| 3. suurenee |
-

LIITE 3/1

**LIITE 3. PELTOJEN KUIVATUSTILATUTKIMUS;
HAASTATTELULOMAKE (valtaojitus)**

KUIVATUSTILATUTKIMUS

Haastattelulomake
sis.no

30.5.1990

Haastattelija	pv	kk	vuosi
Tilan nimi	RN:o	sis.no.	
Viljelijän nimi	Salaojas.toim.no	ojasto	
Osoite	puh.		
1. Koordinaatit x-koordinaatti y-koordinaatti			
...			
17. Milloin päästään keväällä tutkittavalle pellolle suhteessa tilan muihin peltoihin			
1. yli viikkoa aikaisemmin			
2. viikkoa aikaisemmin			
3. samaan aikaan			
4. viikkoa myöhemmin			
5. yli viikkoa myöhemmin			
...			
26. Valtaoja on kaivettu vuonna			
Valtaoja on perattu viimeksi vuonna			
27. Paikalliskuivatustapa tutkittavalla peltokuviolla			
1 = avo-ojitus, 2 = salaojitus, 3 = muu salaojitus, 4 = ei ojitusta			
...			
44. Tutkittavalla peltokuviolla esiintyy haitallista märkyyttä tai kuivatushäiriöitä	44.	45.	
1. keväällä			
2. kesällä	1 = kyllä		
3. syksyllä	2 = ei		
4. talvella			
45. Em. kuivatushäiriöt esiintyvät (koodataan edelliseen kohtaan)			
1. joka vuosi			
2. joka toinen tai kolmas vuosi			
3. 1 - 2 kertaa 10 vuoden aikana			
46. Esiintyykö alueella vesistön tulvimisesta johtuvia haittoja, märkyyttä tms.			
1. keväällä			
2. kesällä			
3. syksyllä			
4. talvella			

47. Em. vesistön tulvimisesta johtuva haitta tai märkyys esiintyy

1. joka vuosi
 2. joka toinen tai kolmas vuosi
 3. 1 – 2 kertaa 10 vuoden aikana
-

48. Häiriön vakavuusaste ongelma-alueilla (kysymyksistä 44 ja 45)

1. käytännöllisesti katsoen ei haittaa
 2. viivästyttää keväällä toukotöitä
 3. myös satotaso selvästi alentunut
 4. edellisten lisäksi haittaa sadonkorjuuta
 5. edellisten lisäksi syyskyntö vaikeaa
 6. peltokuvio on viljelykelvoton
-

49. Ongelma-alueen suuruus (%)

...

55. Peltolohkoa mahdollisesti vaivaavan kuivatushäiriön esiintymisaika vuosina

...

LIITE 4/1

**LIITE 4. KENTTÄTUTKIMUSLOMAKKEEN TÄYTTÖOHJEET
(lyhennelmä)**

...

Tutkimuslomakkeeseen koodataan mittaustulokset koodaussarakkeeseen (so. lomakkeen oikeassa reunassa oleva sarake) siten kuin kysymyskohdissa edellytetään. Sarakkeeseen merkitään vain koodi tai paljas numero, mitään muita merkintöjä sarakkeeseen ei saa tehdä. Puuttuvan tiedon merkkiä "-" käytetään vain silloin, kun tiedon saanti on vaikeaa, tai kun tietoa ei ole "olemassa". Esim. jos valtaojaa ei ole, pohjan leveys, luiskan kaltevuus, lietteen määrä jne. koodataan puuttuvaksi ("-"). Jos taas valtaoja on, em. ominaisuudet koodataan niiden todellisten arvojen mukaan (esim. lietettä 0 cm, jos sitä ei esiinny jne.).

...

17. Valtaojan kunto arvioidaan 0-kohdan ja alimman hyöty- tai tutkimuspisteen välillä seuraavien luokitteluohjeiden mukaan. Jos valtaojan pituuskaltevuus on pieni (alle 0,0015), kunto arvioidaan 500 m matkalta. Jos valtaojan pituuskaltevuus on suuri tai oja on syvä, uoman ominaisuudet arvioidaan 100 m matkalta. Jos valtaojaa ei ole, merkitään "-" ko.kohtiin.

Valtaojan suoruus

1. aivan suora oja tai suoran osa pituus vähintään 200 – 250 m tai ojassa pitkiä suoria osia, pääsääntöisesti yli 80 – 100 m , joita yhdistää loivat mutkat (yli 130°).
2. Uomassa pitkiä suoria osia (80 – 200 m) joita yhdistää jyrkät mutkat (alle 130°).
3. Uoma mutkittelee suhteellisen tiheään, mutta mutkat ovat loivia, tai uomassa on lyhyitä suoria osia (alle 80 m), joita yhdistää loivat mutkat (yli 130 °).
4. Uomassa lyhyitä suoria osia (alle 80 m), joita yhdistää jyrkät mutkat (alle 130°) ja sitä mutkaisemmat ojat sekä mutkaiset luonnonuomat.

Kasvillisuus

1. Kokonaan vailla kasvillisuutta (esim. juuri peratut ojat) tai ojaluiskissa ja pohjassa lyhyttä heinäkasvillisuutta.
2. Ojassa pitkä heinäkasvillisuutta (pitkää heinää, saraa, osmankäämiä tms.), ojaluiskissa vain vähän ja pientä pensaskasvillisuutta.
3. Uomassa hyvin runsas ja pitkä heinäkasvillisuus, pensaita runsaahkosti ojaluiskissa ja pohjassa.
4. Uoma pahoin pensaskasvillisuuden tms. tukkima.

Kivisyys

1. Kivetön tai käytännöllisesti katsoen kivetön.
2. Vähän kiviä, hidastaa virtausta vain vähän.
3. Runsaasti kiviä, hidastaa selvästi virtausta.
4. Erittäin runsaasti kiviä tai kallion kielekkeitä. Hidastaa huomattavasti virtausta.

Lietteisyy

1. Ei lietettä tai vain hyvin vähän (alle 5 cm) lietettä ojan pohjalla. Yleisvaikutelma hyvä.
2. Lietettä ojan pohjalla suhteellisen vähäisesti (5 – 10 cm).
3. Lietettä ojan pohjalla runsaahkosti 10 – 25 cm ja uoman luiskat myös.
4. Paksu lietekerros ojan pohjalla (yli 25 cm).

Sortumien määrä

1. Uomassa ei lainkaan luiskien sortumia.
2. Satunnainen tai satunnaisia luiskien sortumia, jotka eivät sanottavasti pienennä poikkipinta-alaa.
3. Varsin runsaasti ojaluiskien sortumia, jotka selvästi pienentävät uoman kokoa.
4. Uoma pahoin sortunut, uoman koko ja muoto oleellisesti heikentynyt.

LIITE 5

LIITE 5. PELTOJEN KUIVATUSTILATUTKIMUKSEN JA COWANIN MENETELMÄN VASTAAVUUS

KUTI-tutkimus		Cowanin menetelmä	
1. Suoruus		m5 Mutkaisuus	
1,2	Suora oja tai uomassa pitkiä suoria	1,000	Vähäinen
3	Uoma mutkittelee	1,150	Huomattava
4	Mutkainen uoma	1,300	Suuri
2. Kasvillisuus		n4 Kasvillisuus	
1	Kokonaan vailla kasvillisuutta	0,0075	Alhainen
2	Heinäkasvillisuutta, pientä pensasta	0,0175	Keskinkertainen
3	Heinäkasvillisuutta, runsaasti pensaita	0,0375	Suuri
4	Uoma kasvillisuuden tukkima	0,0750	Hyvin suuri
3. Kivisyys		n2 Poikkileikk. epäsäännöl. n3 Supistavat esteet	
1	Kivetön	0,005*	Mitätön
2	Vähän kiviä	0,015*	Vähäinen
3	Runsaasti kiviä	0,030*	Huomattava
4	Erittäin runsaasti kiviä	0,050*	Suuri
5. Sortumat		n1 Pinnan epätasaisuus	
1	Ei sortumia	0,000	Sileä
2	Satunnaisia sortumia	0,005	Vähäinen
3	Runsaasti sortumia	0,010	Kohtuullinen
4	Uoma pahoin sortunut	0,020	Suuri
		n0 Uomamateriaali	
		0,020	Maa

$$M = 1/n$$

$$n = (n0 + n1 + (n2 + n3) + n4) * m5$$

* Yhdistetty arvot n2 + n3 ja otettu keskimääräinen arvo.

Cowan on esittänyt arvoilleen vaihteluvälejä, mutta tässä on pitäydytty vain keskimääräisissä arvoissa.

LIITE 6. UOMAN VIRTAVASTUSTUKERTOIMEN MÄÄRITTÄMISEN VAIHEET

Laskennan kulku

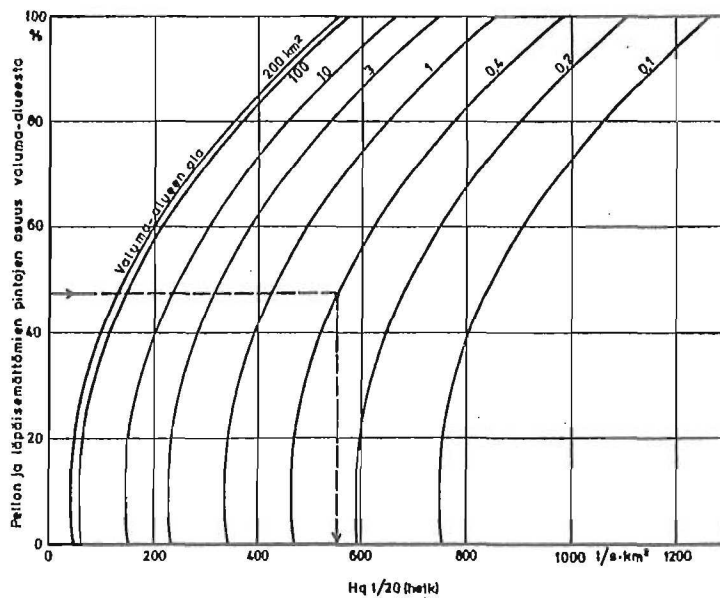
Virtausvastustukertoimen laskenta oli kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa otettiin huomioon uoman ominaisuuksien (kuten pohjan karheus, kasvillisuus, poikkileikkauksen muoto, sortumat ja mutkaisuus) vaikutus virtausvastustukertoimen arvoon. Tämän jälkeen tarkasteltiin virtaustilanteen vaikutusta virtausvastustukertoimen arvoon. Ensimmäinen vaihe perustui Cowanin menetelmään ja toinen vaihe Hosian tutkimuksiin pieneten uomien virtausvastustukertoimista. Tulosten tarkasteluvaiheessa aineisto luokiteltiin valuma-alueen koon mukaan luokkiin alle $0,1 \text{ km}^2$, $0,1 - 0,99 \text{ km}^2$, $1,0 - 5,0 \text{ km}^2$ ja yli $5,0 \text{ km}^2$.

Vaihe I

Tutkimuspisteille laskettiin M-kerroin Cowanin menetelmän mukaan maastossa havaittujen uoman kuntotekijöiden mukaan (selostettu edellisessä liitteessä 5).

Vaihe II

1. Pisteille määritettiin kesänkeskiylivalumat Seunan (1983) esittämästä nomogrammista (kuva 1). Nomogrammin käyrille määritettiin yhtälöt, jolloin koko aineisto voitiin käsitellä tietokoneella. Lähtötietoina määrittämisessä on pellon ja läpäisemättömien pintojen osuus valuma-alueesta sekä valuma-alueen ala.



Kuva 1. kerran 20 vuodessa toistuvan hetkellisen kesäylivaluman määrittäminen (Seuna 1983).

Nomogrammistä saatu $H_{q_{\text{kesä}} \text{ hetk. } 1/20}$ muutettiin Seunan (1983) esittämällä kertoimella $MH_{q_{\text{kesä}}}$ ksi

$$H_{q_{\text{kesä}} \text{ hetk. } 1/20} / 4,97 = MH_{q_{\text{kesä}}}$$

LIITE 6/2

Laskennassa kokeiltiin useita eri ylivirtaaman määrittämismenetelmiä. Niiden vertailussa em. nomogrammi osoittautui sopivimmaksi ylivirtaaman (= kuivatushäiriötilanteen) arviointitavaksi.

2. Valumista laskettiin virtaamat kaavalla

$$MHQ_{\text{kesä}} = (MHq_{\text{kesä}} \cdot F) / 1000, \text{ missä}$$

$$MHQ_{\text{kesä}} = \text{kesän keskiylivirtaama [m}^3/\text{s]}$$

$$MHq_{\text{kesä}} = \text{kesän keskiylivaluma [l/s} \cdot \text{km}^2\text{]}$$

$$F = \text{valuma-alueen pinta-ala [km}^2\text{]}$$

3. Tutkimuspisteille laskettiin kesän keskiylivirtaama vastaava vesisyvyys, virtausnopeus, uoman märkäpinta-ala ja märkäpiiri kaavoilla;

$$v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$MHQ_{\text{kesä}} = v \cdot A$$

$$R = A/p, \text{ joissa}$$

$$t = \text{vesisyvyys [m]}$$

$$v = \text{virtausnopeus [m/s]}$$

$$A = \text{märkäpinta-ala [m}^2\text{]}$$

$$p = \text{märkäpiiri [m]}$$

$$R = \text{hydraulinen säde [m]}$$

$$M = \text{Manningin kerroin (M-kertoimena käytettiin vaiheen I mukaan määritettyä kerrointa)}$$

$$I = \text{valtaojan pituuskaltevuus [cm / 100 m] (käytettiin tutkimuksessa määritettyä lähikaltevuutta, jolla tarkoitetaan tutkimuslinjan 0 - pisteestä 50 m matkalla alaspäin vallitsevaa kaltevuutta (esim. 10 cm/100 m = 0,001)}$$

4. Pisteille laskettiin Reynoldsin luvut kaavasta

$$Re = \frac{v \cdot 4 \cdot R}{\nu}$$

$$\nu = \text{veden kinemaattinen viskositeetti [m}^2/\text{s]}$$

$$v = \text{veden virtausnopeus [m/s]}$$

$$R = \text{uoman hydraulinen säde [m]}$$

Reynoldsin lukua laskettaessa veden viskositeettiarvona käytettiin +15 °C:n arvoa $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Veden kinemaattinen viskositeetti vaihtelee lämpötilan mukaan, mutta sen vaikutus Re-lukuun ja vastuskertoimeen on kuitenkin vähäinen ja tämän vuoksi lämpötilan vaihtelua ei ole otettu huomioon.

5. Tutkimuspisteille määritettiin Hosian (1980) esittämältä käyrästöltä Manningin kerroin Reynoldsin luvun funktiona (kuva 24). Hosian esittämä käyrät numeroitiin seuraavasti:

1. erittäin mutkaiset maaumat, kasvipeite
2. lähes suorat maaumat, kasvipeite
3. suorat luonnon uomat, kasvipeite luiskissa
4. suorat, muutaman vuoden vanhat maaumat
5. suorat, uudet kaivetut maaumat

Käyrille määritettiin yhtälöt, jolloin aineiston käsittely voitiin suorittaa tietokoneella. Tutkittujen pisteiden valtaojien kasvillisuuden, mutkaisuuden, iän ja kuntoindeksin perusteella valittiin käyrä, jolta ko.piste luettiin (vrt. herkkyystarkastelu kohdassa 4.3)

6. Hosian käyrästöltä saadulle n arvolle laskettiin sen käänteisluku M

$$M = 1/n$$

Esimerkki laskemien kulusta Oulun vesi- ja ympäristöpiirin tutkimuspisteellä 38.

Vaihe I

KUTI		Cowan	
Suoruus	1	m5	1,000
Kasvillisuus	1	n4	0,0075
Kivisyys	1	n2+n3	0,005
Lietteisyys	1	–	
Sortumat	3	n1	0,010
		n0	0,020

$$\begin{aligned}
 n &= (n0 + n1 + n2 + n3 + n4) \cdot m5 \\
 &= (0,020 + 0,010 + 0,005 + 0,0075) \cdot 1,000 \\
 &= 0,0425
 \end{aligned}$$

$$M = 1/n = 1/0,0425 = 23,53$$

Vaihe II

Pisteen 11038 valuma-alue 39 ha = 0,39 km²

Pellon osuus valuma-alueesta 3,1 %

Valtaojan lähikaltevuus I = 0,0038

$$\Rightarrow \text{nomogrammista saadaan } MHq_{\text{kesä hetk. 1/20}} = 470 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

$$MHq_{\text{kesä}} = Hq_{\text{kesä hetk. 1/20}} / 4,97 = 470 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 / 4,97 = 94,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

$$MHO_{\text{kesä}} = MHq_{\text{kesä}} \cdot F / 1000 = 94,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 \cdot 0,39 \text{ km}^2 = 0,037 \text{ m}^3/\text{s}$$

LIITE 6/4

Uoman hydraulisten mittojen mukainen virtaamaa vastaava

- teoreettinen vesisyvyys $t = 0,12 \text{ m}$
- vastaava uoman poikkileikkausala $A = 0,12 \text{ m}^2$
- märkäpiiri $p = 1,17 \text{ m}$
- hydraulinen säde $R = 0,10$
- virtausnopeus $v = 0,31 \text{ m/s}$

joista laskettiin

- Reynoldsin luku = 108772
- muutaman vuoden vanha maauoma (2v) ==> käyrä 5.

TULOS ==> - $n = 0,035$ ==> $M = 28,6$

**LIITE 7. KUIVATUSSYVYYDET AKTIIVITILOILLA
PELTOSUURUUSLUOKAN MUKAAN (valtaojalliset peltokuviot)**

Peltoala		Kuivatussyvyyden keskiarvo (m) tutkimuspisteissä			
Koko maa:	n	Äyräs	Piste-A	Piste-B	Piste-C
< 10 ha	71	1,09	1,42	2,29	2,94
11 – 15 ha	69	1,10	1,39	2,26	2,99
16 – 20 ha	107	1,20	1,54	2,45	3,25
21 – 30 ha	125	1,18	1,55	2,30	3,00
31 – 50 ha	132	1,09	1,43	2,42	3,15
51 – 100 ha	76	1,20	1,53	2,35	3,10
> 100 ha	10	1,37	1,67	2,27	2,80
Kaikki	590	1,15	1,49	2,35	3,08
Etelä-Suomi:					
< 10 ha	37	1,04	1,33	2,07	2,68
11 – 15 ha	36	1,12	1,53	2,84	3,88
16 – 20 ha	63	1,15	1,59	2,72	3,71
21 – 30 ha	71	1,09	1,54	2,53	3,53
31 – 50 ha	82	1,04	1,53	2,64	3,48
51 – 100 ha	56	1,07	1,50	2,52	3,50
> 100 ha	7	1,40	1,84	2,59	3,12
Kaikki	352	1,09	1,52	2,57	3,49
Järvi-Suomi:					
< 10 ha	17	1,05	1,53	3,09	4,15
11 – 15 ha	13	1,06	1,44	1,95	2,38
16 – 20 ha	14	0,99	1,12	2,19	3,06
21 – 30 ha	15	1,12	1,36	2,43	3,09
31 – 50 ha	8	0,99	1,25	4,27	6,17
Kaikki	67	1,05	1,36	2,68	3,58
Pohjanmaa:					
< 10 ha	16	1,23	1,53	2,00	2,38
11 – 15 ha	17	1,19	1,18	1,40	1,78
16 – 20 ha	29	1,39	1,62	1,99	2,35
21 – 30 ha	38	1,36	1,63	1,85	2,04
31 – 50 ha	39	1,20	1,29	1,65	1,96
51 – 100 ha	17	1,64	1,68	2,00	2,09
> 100 ha	3	1,28	1,27	1,51	2,04
Kaikki	159	1,32	1,48	1,80	2,08
Pohjois-Suomi:					
< 10 ha	1	1,10	1,00	0,97	1,12
11 – 15 ha	3	0,60	0,83	1,39	1,69
16 – 20 ha	1	1,50	1,84	1,62	2,13
21 – 30 ha	1	1,90	1,81	2,02	2,23
31 – 50 ha	3	1,23	1,38	1,46	1,57
51 – 100 ha	3	1,21	1,32	1,32	1,32
Kaikki	12	1,14	1,27	1,43	1,60

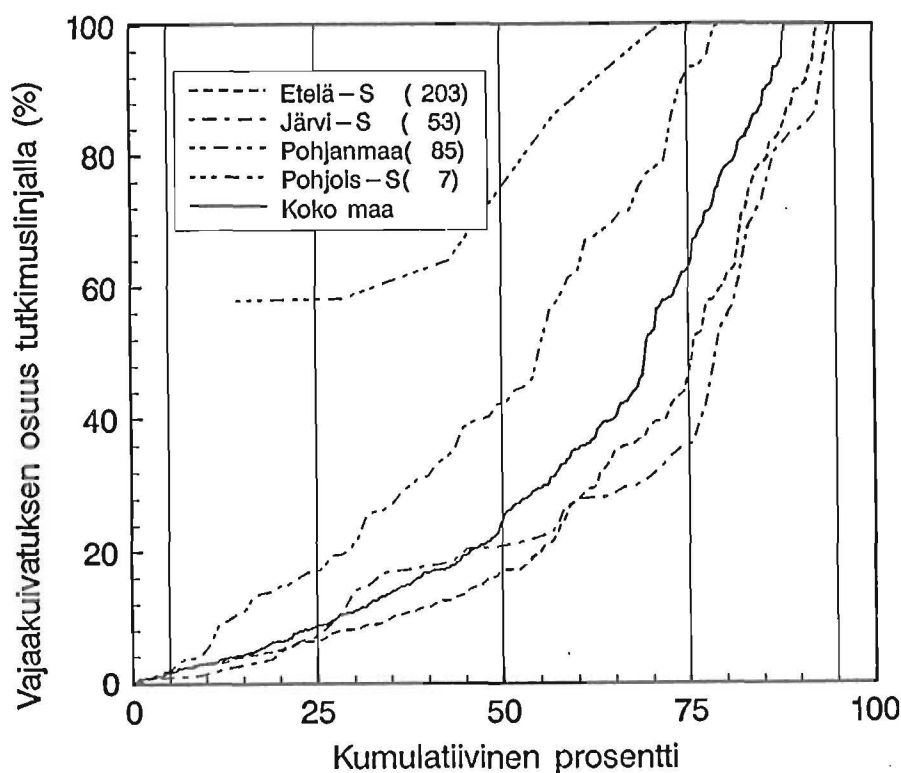
LIITE 8

**LIITE 8. KUIVATUSSYVYYDET PASSIIVITILOILLA
PELTOSUURUUSLUOKAN MUKAAN (valtaojalliset peltokuviot)**

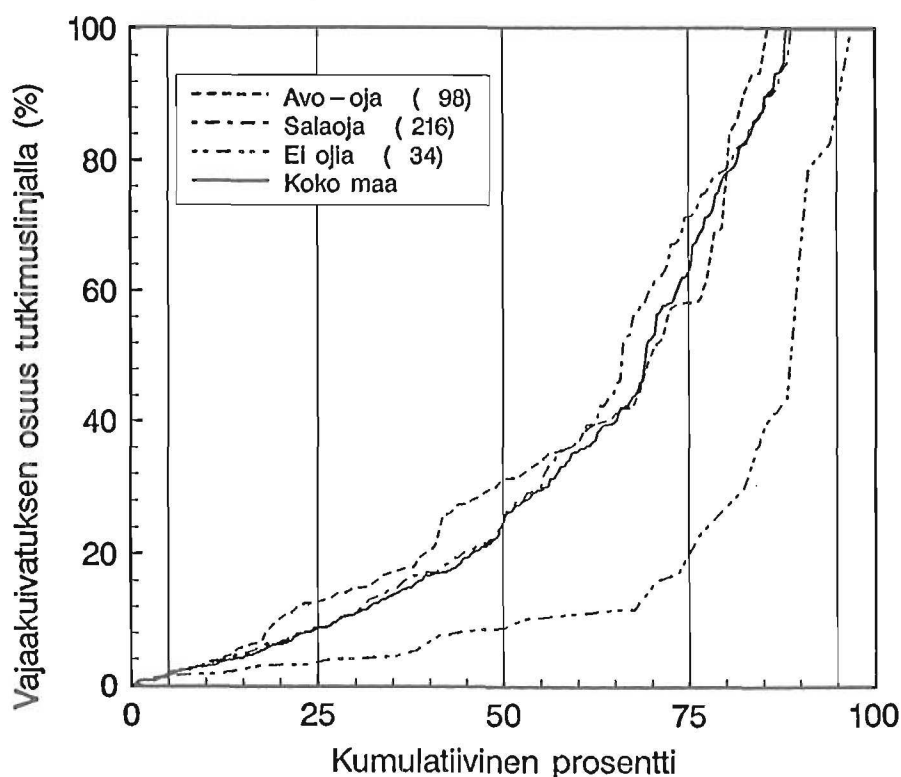
Peltoala		Kuivatussyvyyden keskiarvo (m) tutkimuspisteissä			
Koko maa:	n	Äyräs	Piste-A	Piste-B	Piste-C
< 10 ha	31	1,01	1,38	2,08	2,53
11 – 15 ha	11	1,03	1,30	1,63	1,92
16 – 20 ha	6	1,12	1,15	2,05	2,25
21 – 30 ha	6	1,01	1,06	1,36	1,39
31 – 50 ha	1	1,10	1,37	2,91	1,91
51 – 100 ha	2	1,05	1,38	2,07	3,50
Kaikki	57	1,03	1,30	1,93	2,29
Etelä-Suomi:					
< 10 ha	15	1,08	1,49	2,12	2,56
11 – 15 ha	2	0,60	0,68	0,77	1,45
16 – 20 ha	1	1,54	1,33	1,66	2,25
21 – 30 ha	1	1,10	0,94	0,86	1,15
31 – 50 ha	1	1,10	1,37	2,91	1,91
51 – 100 ha	2	1,05	1,38	2,07	3,50
Kaikki	22	1,05	1,37	1,95	2,44
Järvi-Suomi:					
< 10 ha	8	0,72	1,07	2,52	3,11
11 – 15 ha	3	1,24	1,53	1,72	1,53
16 – 20 ha	2	0,84	0,84	1,44	1,06
21 – 30 ha	1	0,97	1,08	0,68	0,89
Kaikki	14	0,87	1,13	2,06	2,32
Pohjanmaa:					
< 10 ha	6	1,17	1,58	1,66	2,02
11 – 15 ha	5	1,15	1,53	2,13	2,59
16 – 20 ha	3	1,17	1,30	2,58	3,04
21 – 30 ha	4	1,00	1,08	1,65	1,58
Kaikki	18	1,13	1,41	1,94	2,25
Pohjois-Suomi:					
< 10 ha	2	1,20	1,18	1,34	1,47
11 – 15 ha	1	0,70	0,66	0,68	0,65
Kaikki	3	1,03	1,00	1,12	1,20

LIITE 9. LASKENNALLINEN VAJAAKUIVATUS

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty vajaakuivatuksen osuus (%) tutkimuslinjasta, silloin kun tutkimuslinja on jossain kohtaa ollut alle laskennallisen ohjekuivatussyvyyden (otettu huomioon painuminen ja etäisyyslisä).

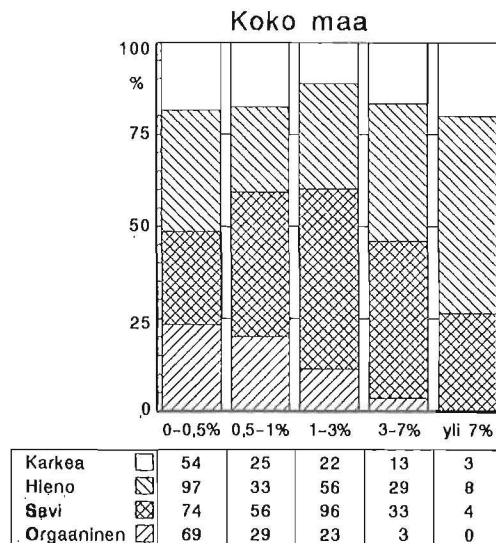
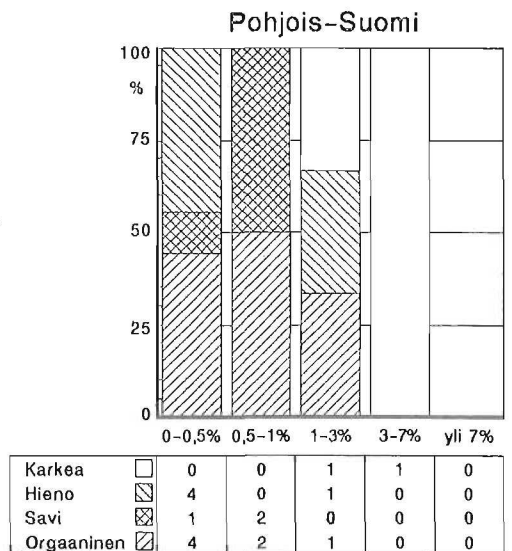
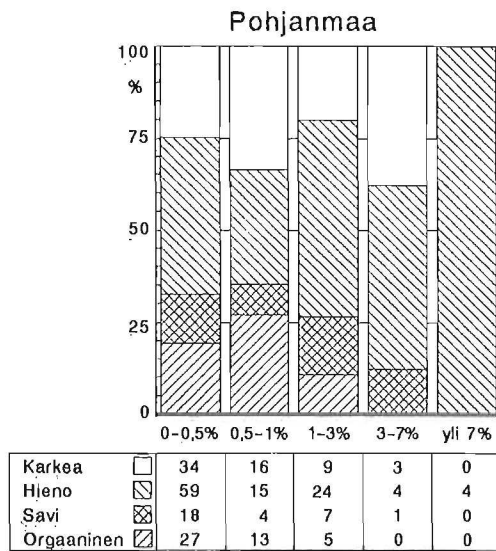
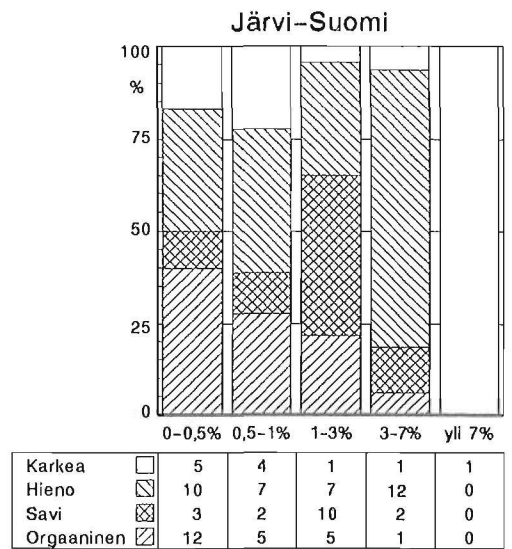
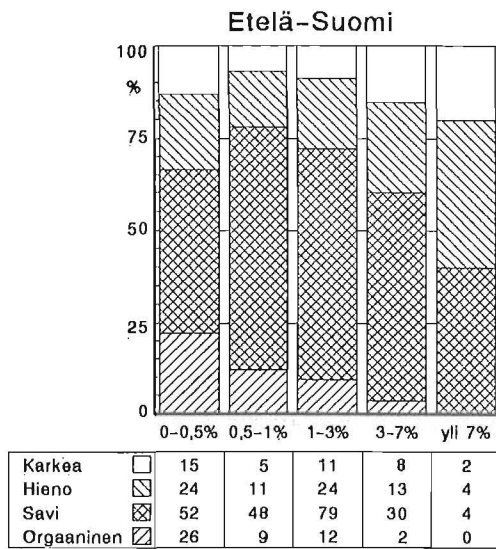


Kuva 1. Vajaakuivatuksen osuus tutkimuslinjasta suuralueittain



Kuva 2. Vajaakuivatuksen osuus tutkimuslinjasta paikalliskuivatustavoittain

LIITE 10

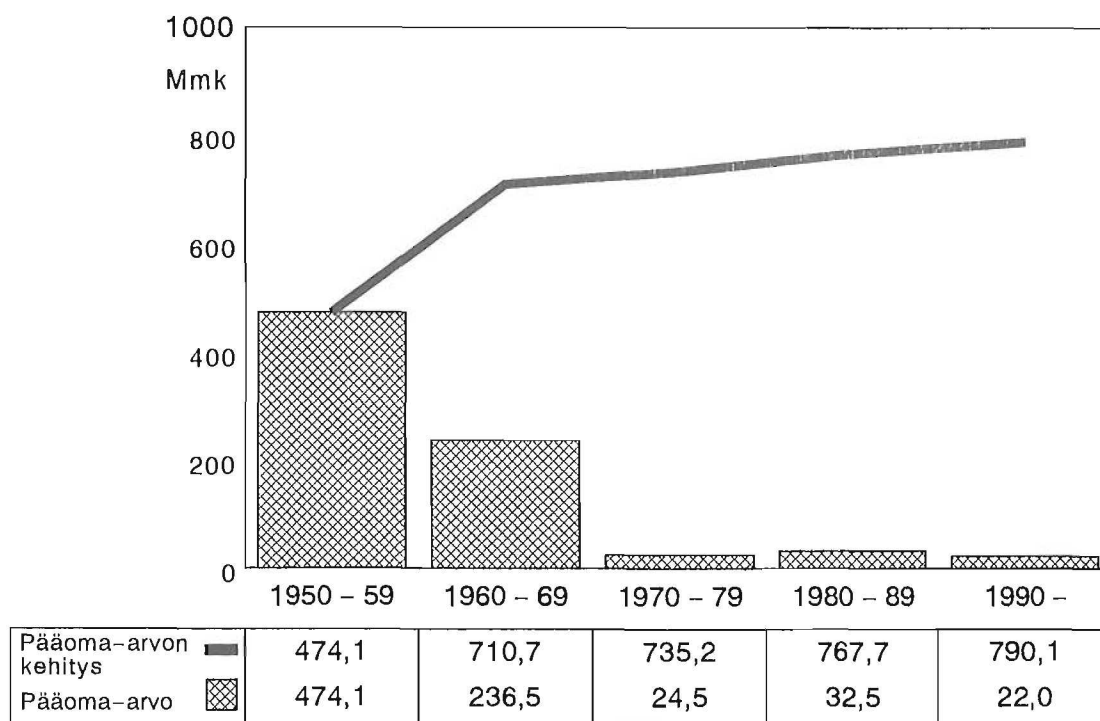
**LIITE 10. VALTAOJEN VIERIALUEIDEN (tutkimuslinjan väli
äyräs – piste A) EROOSIOHERKKYYS**


Eroosioherkkiä peltoalueita (vietto yli 3 % ja maa-aines hieno tai savi) oli koko maassa tutkituista valtaojallisista pelto-kuvioista yhteensä 10 %. (Kuvan alla olevassa taulukossa on eri kaltevuusluokkiin ja maaryhmiin kuuluvien tapausten lukumäärät.)

LIITE 11. OTE MAATILAHALLITUKSEN PERUSKUIVATUKSIA KOSKEVASTA VUOSITILASTOSTA (1980–1993)

VALTION TULO- JA MENOARVIOS- RAHOITETUT PERUSKUIVATUSHANKKEET VUOSINA 1983–1993

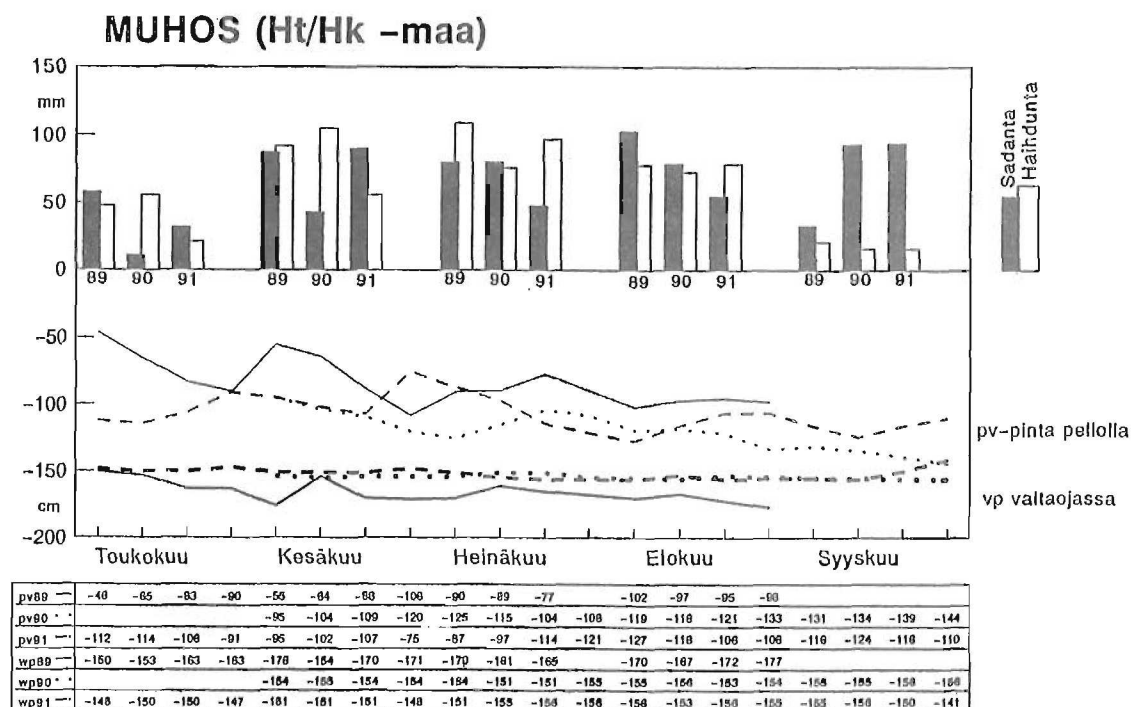
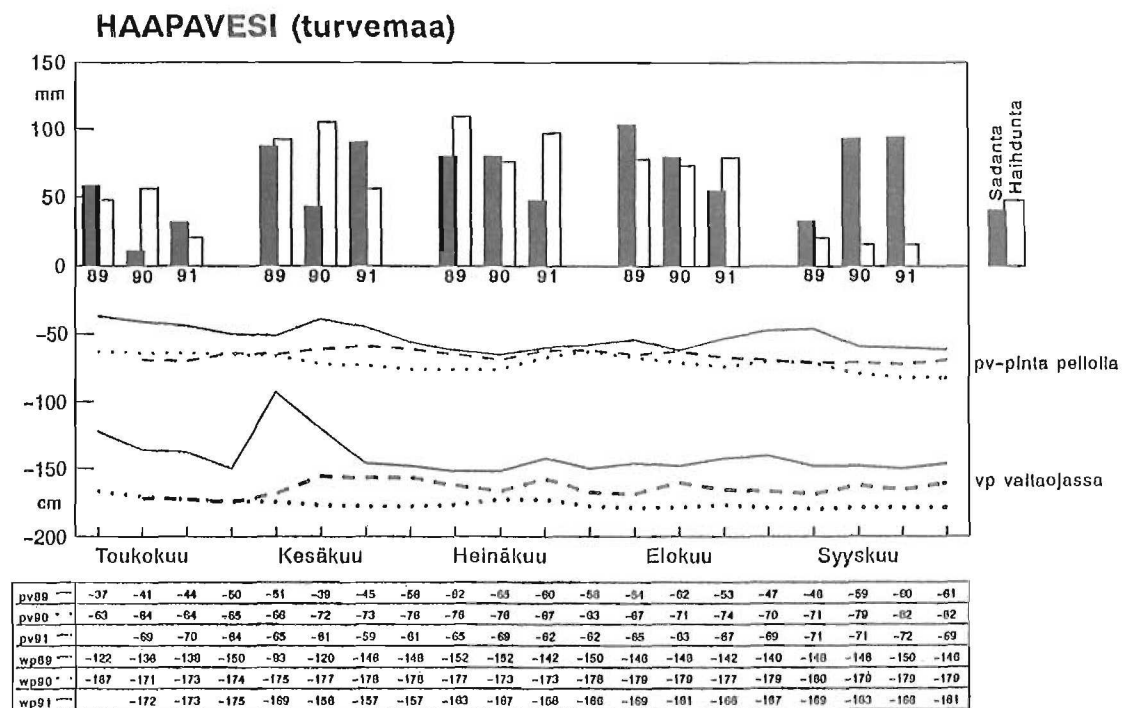
Vuosi	Kpl	Hyötyalue pelto	(ha) yhteensä	Pellon osuus %	Kustannusarvio mk	Mk/Peltoha
1980	52	2075,00	2500,00	83,00	4 000 000	1927,71
1981	116	4160,00	5200,00	80,00	9 900 000	2379,81
1982	139	9296,00	11200,00	83,00	19 400 000	2086,92
1983	127	8204,07	9397,41	87,30	26 044 600	3174,60
1984	130	6536,87	7126,13	91,73	19 782 700	3026,33
1985	152	7555,78	8433,19	89,60	26 723 800	3536,87
1986	140	5868,44	6648,57	88,27	20 808 000	3545,75
1987	147	7078,52	7802,81	90,72	28 616 700	4042,75
1988	80	2507,00	2783,00	90,08	11 009 000	4391,30
1989	140	5500,00	5949,00	92,45	22 256 000	4046,55
1990	99	7684,00	8303,00	92,54	30 012 000	3905,78
1991	61	3054,00	3196,00	95,56	11 675 000	3822,86
1992	32	2257,00	2412,00	93,57	8 249 000	3654,85
1993	60	3730,00	4155,00	89,77	13 505 000	3620,64
Yhteensä	1475	75506,68	85106,11	88,72	251 981 800	3337,20
Indeksillä korjattu (rak.kust.ind.)					324 260 921	4246,63



Kuva 1. Peruskuivatusten rahoitus Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueella vuosina 1950 – 1993. (Osakkaille luovutetut hankkeet, rakennuskustannusindeksillä korjattu 1993 = 100.)

LIITE 12

**LIITE 12. MAAPERÄN VESITASEEN VAIHTELU VUOSITTAIN
KAHDESSA TUTKIMUSPISTEESSÄ SEKÄ
KUUKAUSITTAINEN SADANTA JA HAIHDUNTA KO.
ALUEELLA TUTKIMUSVUOSINA 1989, -90 JA -91.**



LIITE 13. TÄSSÄ TYÖSSÄ KÄYTETTY MAALAJILUOKITUS (maataloudellinen luokitus) JA SEN VERTAILU GEOTEKNISEEN LUOKITUKSEEN

GEOTEKNINEN LUOKITUS	Ø mm	MAATALOUEDELLINEN LUOKITUS
SAVI		SAVI
	0 002	
SILTIT 0,002 ... 0,06		HIESU
hieno siltti	0 006	hieno hiesu
keskisiltti	0 02	karkea hiesu
karkea siltti	0 06	HIETA
		hieno hieta
HIEKKA 0,06 ... 2,0		karkea hieta
hieno hiekka	0 2	
keskihiekka	0 6	HIEKKA
karkea hiekka	2	hieno hiekka
		karkea hiekka
SORA 2,0 ... 60		SORA
hieno sora	6	hieno sora
keskisora	20	karkea sora
karkea sora	60	KIVET
KIVET 60 ... 600		
pienet kivet	200	
suuret kivet	600	LOHKAREET
LOHKAREET > 600		

Taulukko 1. Maalajien ryhmitys eri maalajiryhmiin geoteknisen luokituksen ja tässä käytetyn luokituksen mukaan.

Maalajiryhmä	Geotekninen luokitus	Tämä luokitus
Eloperäiset maalajit	Turve Lieju	Turve Lieju
Hienorakeiset maalajit	Savi Siltti	Savi Hiesu Hieno hieta
Karkearakeiset maalajit	Hiekka Sora	Karkea hieta Hiekka Sora Moreeni
Moreeni maalajit	Silttimoreeni Hiekkamoreeni Soramoreeni	

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

83. Vesihuoltolaitokset 31.12.1988 ja 31.12.1989. Helsinki 1992.
84. Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Paleolimnologinen tutkimus metsäojituksen ja -lannoituksen vesistövaikutuksista Juupajoen Kalliojärvessä. Helsinki 1992.
85. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vedet. Helsinki 1991.
86. Roila, Tuija: Pienvesien happamoitumisen seuranta vuosina 1979 - 1989.
Roos, Jaana: Puskurikapasiteetin muutokset eräissä pienjärvissä vuosien 1937 - 48 ja 1988 välillä. Helsinki 1992.
87. Ollikainen, Minna: Karjalan Pyhäjärven tila 1980-luvulla sedimentin piilevien ilmentämänä. Helsinki 1992.
88. Lepistö, Liisa: Planktonlevien aiheuttamat haitat. Helsinki 1992.
89. Rantakangas, Jorma: Perkauksen aiheuttaman kiintoainevirtaaman ennakointi. Helsinki 1992.
90. Kaijalainen, Erkki (toim.): Sonkajärven reitin vesien käytön yleissuunnitelma. Helsinki 1992.
91. Salo, Simo: The fate of chemicals spilled on water. A literature review of physical and chemical processes. Helsinki 1992.
92. Mäkirinta, Urho & Tolonen, Pasi: Vaalan Järvikylän järvien kasvillisuus järvien tilan kuvaajana. Helsinki 1992.
93. Mäkirinta, Urho: Muutoksia Alavetelin Isojärven kasvillisuudessa 1973 - 1981. Helsinki 1992.
94. Nakari, Tarja: Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Helsinki 1992.
95. Torpström, Heikki & Lappalainen, Matti: Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki 1992.
96. Salonen, Seija; Frisk, Tom; Kämmeniemi, Tellervo; Niemi, Jorma; Pitkänen, Heikki; Silvo, Kimmo & Vuoristo, Heidi: Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki 1992.
97. Assmuth, Timo; Strandberg, Tapio; Joutti, Anneli & Kalevi, Kirsti: Kemiallisesti saastuneiden maa-alueiden tutkimusmenetelmät. Helsinki 1992.
98. Kivimäki, Anna-Liisa: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki 1992.
99. Tanninen, Risto: Arvot ja asenteet Pyhäjoen vesiensuojelusuunnittelussa. Helsinki 1992.
100. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitin vene- ja retkisatamasuunnitelma. Helsinki 1992.
101. Eloheimo, Karri: Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Helsinki 1992.
102. Sytyke 16. Sannholm, Gun & Söderström, Mirja: Entsyymikäsittelyn merkitys sulfaattimassan valkaisussa. Helsinki 1992.
103. Sytyke 9. Raitio, Laura: Siistausprosessin ympäristökuormitus. Helsinki 1992.
104. Sytyke 17. Jantunen, Esko: Jätevesipäästötön paperitehdas. Helsinki 1992.
105. Sytyke 10. Lehtinen, K.-J. & Tana: Effects in mesocosms exposed to effluents from bleached hardwood kraft pulp mill. Helsinki 1992.
106. Hudd, Richard; Toivonen, Anna-Liisa & Wistbacka Ralf: Malax å fiskeriutredning. Helsinki 1992.
107. Rontu, Mika: Pohjaveden alkalointi kalkkikivisuodatuksella. Helsinki 1992.
108. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitti - Kansallisvesi. Helsinki 1992.
109. Sytyke 11. Junttila, Vesa: Sellutehtaan ympäristökuormitusten pienentäminen ja hallinta uudella tehdaslayoutilla. Helsinki 1992.
110. Sytyke 20. Kara, Mikko: Natrium- ja rikkitaseen säätömahdollisuuksia suomalaisessa sellutehtaassa. Helsinki 1992.
111. Kauppi, Marja: Repoveden alueen vesistöjen perusselvitys. Helsinki 1992.
112. Lindholm, Tapio (toim.): Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilta. Helsinki 1992.
113. Sytyke 2. Hatakka, Annele; Valo, Marjatta & Lankinen, Pauliina: Puunjalostusteollisuuden jätevesien käsittely valkolahosienillä ja niiden entsyymeillä. Helsinki 1992.
114. Sytyke 19. Krogerus, Märten & Hynninen, Pertti: Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjen käsittelyvaihtoehdot ja kustannukset. Helsinki 1992.
115. Hyvärinen, Pekka; Salojärvi, Kalervo; Pushkin, Sergei & Ahonen, Mikko: Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen. Helsinki 1992.
116. Ettala, Matti & Koskela, Juhani: Kloorifenolipitoisten pohjavesien käsittely aktiivihiihluodatuksella ja aktiivilietemenetelmällä. Helsinki 1992.

117. Sytyke 6. Myrén, Bertel: Suomen metsäteollisuuden tila vuonna 1995. Helsinki 1992.
118. Lyly, Olavi: Torjunta-aineiden käytön kannattavuus ja ympäristöhaittojen vähentäminen. Helsinki 1992.
119. Sytyke 21. Laxén, Torolf: Organosolvkeittot. Helsinki 1992.
120. Sytyke 4. Pere, J; Thun, R; Alén, R; Kyllönen, H & Viikari, L: Metsäteollisuuden jäteliitteet. Helsinki 1992.
121. Vesihuoltolaitokset 31.12.1990. Helsinki 1992.
122. Sytyke 14. Siitonen, Heikki; Wartiovaara, Jyrki & Kasanen, Pirkko: Sellu- ja paperitehdas-integraatin ympäristönsuojelutoimien hyötyjen ja haittojen arviointi - casetutkimus. Helsinki 1992.
123. Sytyke 22. Malinen, Raimo: Skenaarioanalyysi massan valmistuksen kehitysvaihtoehtoista. Helsinki 1992.
124. Sytyke 22A. Vasara, Petri: Skenaarioiden tuottaminen ja analyysi massanvalmistukselle Suomessa 1995 - 2010. Helsinki 1992.
125. Törrtö, Heli; Kaakinen, Eero & Alasaarela, Erkki: Ympäristövaikutusten arviointi aluehallinnossa - esimerkkinä Oulun lääni. Helsinki 1992.
126. Ekholm, Matti: Suomen vesistöalueet. Helsinki 1992.
127. Aura, Erkki; Puustinen, Markku; Virtanen, Seija; Mikkola, Hannu; Luoma, Tarmo & Peltomaa, Rauno: Salaoitusmenetelmien vertailu Zaitsevon kenttäkokeessa. Helsinki 1992.
128. Sytyke 15. Puustinen, Jukka: Ravinteiden käytön optimointi metsäteollisuuden aktiivilietelaitoksissa.
Sytyke 3. Lammi, Reino & Pakarinen, Kauko: Typpiravinnelisyksen vaikutus sellutehtaan aktiivilietelaitoksen toimintaan. Helsinki 1993.
129. Seppälä, Jyri: Ympäristöriskianalyysi teollisuudessa. Helsinki 1992.
130. Sytyke 18. Pihlaja, Kalevi (koordinaattori): Valkaistua sulfaattisellua valmistavan tehtaan jätevesien orgaanisen aineen hajoaminen ja ympäristövaikutukset. Helsinki 1993.
131. Lax, Hans-Göran; Koskeniemi, Esa; Sevola, Pertti & Bagge, Pauli: Tenojoen pohjaeläimistö ympäristön laadun kuvaajana. Helsinki 1993.
132. Sytyke 12. Kauppinen, Jyrki: Metsäteollisuuden hajuaineiden analytiikka ja seuranta. Helsinki 1993.
Sytyke 5. Välttilä, Olli: Biolietteen poltto.
133. Sytyke 10A. Lehtinen, K-J: Ecological impact of pulp mill effluents. Helsinki 1993.
134. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Operatiivinen ajalehtimis- ja kulkeutumismalli merialueille.
135. Nystén, Taina: Kärkölän likaantuneen pohjavesialueen geologia ja matemaattinen mallintaminen. Helsinki 1993.
136. Vesihuoltolaitokset 1991. Helsinki 1993.
137. Ullvén, Johanna: Simpukoiden soveltuvuudesta kloorifenolien tutkimiseen murtovedessä. Helsinki 1993.
138. Peura, Pekka: Happamoituminen Merenkurkun pienissä järvissä.
Peura, Pekka: Försurning av småsjöarna i Norra Kvarken. Helsinki 1993
139. Huttunen, Leena & Soveri, Jouko: Luonnontilaisen roudan alueellinen ja ajallinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1993.
140. Kaatra, Kai & Marttunen, Mika (toim.): Oulujoen vesistön säännöstelyjen kehittämisselvitykset. Helsinki 1993.
141. Suomela, Tapani: Tuusulan kunnan Hyrylän pohjavesialueen suojelusuunnitelma. Helsinki 1993.
142. Kauppi, Lea (toim.): Itäisen Suomenlahden lintukuolemat keväällä 1992. Helsinki 1993.
143. Lahti, Kirsti; Lepistö, Liisa; Niemi, Jorma & Färdig, Michael: Eri vesilaitosten tehokkuus levien ja erityisesti syanobakteerien poistossa. Helsinki 1993.
144. Koskimies, Pertti: Population sizes and recent trends of breeding birds in the nordic countries. Helsinki 1993.
145. Alasaarela, Erkki; Hellsten, Seppo; Keränen, Reijo; Kurttila, Terttu & Riihimäki, Juha: Säännöstelyjen järvien rantojen kunnostuksen ja hoidon periaatteet - esimerkkinä Oulujoen vesistö. Helsinki 1993.
146. Korkka-Niemi, Kirsti; Sipilä, Annika; Hatva, Tuomo; Hiisvirta, Leena; Lahti, Kirsti & Alftan, Georg: Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Helsinki 1993.
147. Ruonala, Seppo (toim.): SYTYKE-ohjelman projektien yhteenvedot. Helsinki 1993.
148. Ruonala, Seppo (red.): Sammandrag av projekten i programmet SYTYKE. Helsinki 1993.
149. Ruonala, Seppo (ed.): Summaries of SYTYKE-projects. Helsinki 1993.

150. Niinioja, Riitta: Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Helsinki 1993.
151. Hynninen, Pekka (toim.): Pyhäjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1993.
152. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Karjalan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1993.
153. Rathmayer, Hans & Juvankoski, Markku: Tiivistemattoina käytettävät geomembraanit - toiminta-vaatimukset ja materiaalinvalintakriteerit. Helsinki 1993.
154. Vertanen, Suvi: Elinkaarianalyysi ja pakkaukset. Helsinki 1993.
155. Ahtela, Irmeli: Porvoon edustan merialueen tila vuosina 1985 - 1991. Helsinki 1993.
156. Mroueh, Ulla-Maija: Orgaanisten liuotteiden käyttö Suomessa. Helsinki 1993.
157. Hudd, Richard; Leskelä, Ari & Kjellman, Jakob: Kyrönjoen alaosan kalatalousselvitykset vuosina 1980 - 1990. Helsinki 1993.
158. Hottola, Petri : Lintuvesiohjelma puntarissa - Linnustoselvitys Pohjois- Karjalan lintujärvillä. Helsinki 1993.
159. Luther, Annika: Muurahaiset ympäristön seurannassa. Kirjallisuusselvitys. Helsinki 1993.
160. Haatainen, Susanna; Hammar, Taina; Huovila, Juhani; Lahti, Erkki; Oksman, Heikki; Punju, Pirjo & Taipalinen, Irmeli: Hyalotheca dissiliens -koristelevän runsastumisen syistä Rautalammin reitillä. Helsinki 1993.
161. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Kiskonjoen luonnontaloudellinen kehittämissuunnitelma. Helsinki 1993.
162. Porvari, Petri; Verta, Matti: Elohopea ympäristössä ja tekoaltaissa - kirjallisuuskatsaus ja arvio Vuotoksen tekoaltaan hauen elohopeapitoisuuden kehittymisestä. Helsinki 1993.
163. Grönroos, Juha: Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Vähentämismenetelmien arviointitutkimus. Helsinki 1993.
164. Heikkinen, Onni (toim.): Oulujärven vesiensuojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1993.
165. Reuna, Marja, Perälä, Jaakko ja Aitamurto, Seppo: Lumen aluevesiarvoja Suomessa vuosina 1946 - 1993. Helsinki 1993.
166. Madekivi, Olli: Alusten aiheuttamien aaltojen ja virtausten ympäristövaikutukset. Helsinki 1993.
167. Shuibo, Pan (ed.) & Loukola, Erkki (ed.): Chinese-Finnish cooperative research work on dam break hydrodynamics. Helsinki 1993.
168. Vesihuoltolaitokset 1992. Helsinki 1993.
169. Virkanen, Juhani; Heikkilä, Raimo; Lindholm, Tapio: Kerrossammalten (*Hylocomium splendens*) raskasmetallipitoisuudet Kuhmossa 1989. Helsinki 1994.
170. Vuori, Kari-Matti: Hydropsychidae-heimon vesiperhostoukat ympäristökuormituksen mittareina virtaavissa vesissä. Helsinki 1993.
171. Keränen, Saara & Kokko Aira: Pesosjärven yhdenntyn seurannan alueen kasvillisuus vuosina 1989 ja 1990. Helsinki 1993.
172. Kärkkäinen, Sirpa: Kolin alueen lehdot. Helsinki 1994.
173. Marttunen, Mika & Hiedanpää, Juha: Etutahojen suhtautuminen Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen tulvasuojeluun. Helsinki 1994.
174. Krogerus, Kirsti & Bilaletdin, Ämer: Kyrösjärven, Parkanonjärven ja Jämijärven vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1994.
175. Rutanen, Ilpo: Etelä-Suomen vanhojen metsien kovakuoriaiset I. Helsinki 1994.
176. Rönkkömäki, Mauno: Hydrologisten mallien käyttö turvetuotantoalueiden vesiensuojelutekniikan kehittämisessä. Helsinki 1994.
177. Lindholm, Tapio & Airaksinen, Outi (toim.): Talaskankaan metsä- ja suoalueen luonnonsuojeluintoinnit. Helsinki 1994.
178. Dahlbo, Helena: Kiinteän yhdyskuntajätteen metallivirrat – tutkimuksen kokeellinen osa ja yhteen-veto. Helsinki 1994.
179. Sandman, Olavi; Kauppi, Lea & Tossavainen, Tarmo: Metsäojitusten ja -lannoitusten aiheuttamien ravinnehuuhtoutumien pidättäminen järvikerrostumiin.
Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Metsätalouden pitkäaikaiset vaikutukset suurissa järvissä, Kuhmon Änättijärven ja Lentuan sedimenttitutkimus. Helsinki 1994.
180. Lapin vesi- ja ympäristöpiiri: Lapin vesistöt ja ympäristö 1990-luvulla. Lapin vesien käytön, hoidon ja suojelun kehittämissuunnitelma. Helsinki 1994.
181. Malve, Olli; Ekholm, Petri; Kirkkala, Teija; Huttula, Timo & Krogerus, Kirsti: Säskylän Pyhäjärven virtaukset, ravinnekuormitus ja rehevyystaso. Helsinki 1994.

182. Kaila-Kangas, Leena; Kangas, Risto & Piirainen, Helena: Ympäristöasennebarometri. Helsinki 1994.
183. Vertanen, Päiviö & Viitasaari, Sauli: Nahanvalmistuksen jätehuolto ja jätevesien käsittely. Helsinki 1994.
184. Repo, Maire & Hämäläinen, Maria-Leena (toim.): Teollisuuden vesitilasto 1992. Helsinki 1994.
185. Valovirta, Ilmari & Heino, Mikko: Maanilviäiset ympäristön tilan seurannassa. Helsinki 1994.
186. Jämsen, Minna: Tekojärvien ja padottujen jokisuvantojen vaikutus Kalajoen veden laatuun. Helsinki 1994.
187. Kemikaaliohjelmatyöryhmä: Kemikaalien aiheuttamien ympäristöriskien hallinta. Vesi- ja ympäristöhallituksen toimintaohjelma. Helsinki 1994.
188. Mononen, Paula & Lozovik, Peter (toim.): Acidification of inland waters. Helsinki 1994.
189. Verta, Matti (toim.): Happikemikaalien käyttöön perustuvan massanvalkaisun ympäristövaikutuksia. Helsinki 1994.
190. Manninen, Pertti; Kivinen, Jarmo & Julkunen, Markku: Hyalotheca dissiliens -koristelevän aiheuttama pyydysten limoittuminen ja levän esiintyminen Mikkelin läänissä. Helsinki 1994.
191. Sulkakoski, Mikko: Humukseen sitoutuneen raudan poisto pohjavedestä biosuodatuksella. Helsinki 1994.
192. Vesihuoltolaitokset 1993. Helsinki 1994.
193. Heikkinen, Kaisa; Ihme, Raimo & Lakso, Esko: Ravinteiden, orgaanisten aineiden ja raudan pidentymiseen johtavat prosessit pintavalutuskentällä. Helsinki 1994.
194. Kullberg, Jaakko: Päiväperhosten käyttö ympäristön seurannassa. Helsinki 1994.
195. Reuna, Marja & Aitamurto, Seppo: Sadannan aluearvoja ja aluearvojen toistuvuuksia Suomessa vuosina 1911–1993. Helsinki 1994.
196. Rutanen, Ilpo: Metsäpalon vaikutuksesta kovakuoriaislajistoon Patvinsuon kansallispuistossa. Helsinki 1994.
197. Korhonen, Iris: Luonnon monimuotoisuus, in-situ -suojelu ja kansainvälinen oikeus – Alue-suojelun kansainväliset ulottuvuudet. Helsinki 1994.
198. Puustinen, Markku; Merilä, Eero; Palko, Jukka & Seuna, Pertti: Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Helsinki 1994.

Toimiva peruskuivatus on välttämätön edellytys tuottavalle maa- ja metsätaloudelle. Se on olennainen osa asutun ympäristön infrastruktuuria. Peruskuivatus palvelee maa- ja metsätalouden ohella tiestöä, asutun ympäristön rakentamista ja mm. energiatalouden turvetuotantoa.

Tässä tutkimuksessa on arvioitu peruskuivatuksen tilaa ja toimivuutta Suomen pelloilla. Nämä tiedot ovat tarpeen erityisesti maataloutta koskevassa päätöksenteossa, viranomaistoiminnassa ja päätettäessä valtion osallistumisesta peruskuivatuksen rahoitukseen. Suomen liityttyä EU:hun maaseudun ympäristön- ja maisemanhoito tulevat olemaan tärkeällä sijalla aluepolitiikassa ja maataloustuen kohdentamisessa. Peruskuivatusverkosto, sen kunto ja siinä vaikuttavat vesiensuojeluratkaisut muodostavat keskeisen elementin maaseudun ympäristönhoidossa.

Julkaisu antaa taustatietoa peruskuivatuksen suunnittelussa työskenteleville henkilöille ja tahoille erityisesti uomien toimivuutta koskevissa asioissa.